

معايير الأمان الخاصة بالوكالة الدولية للطاقة الذرية

من أجل حماية الناس والبيئة

الأمان الإشعاعي في التصوير
الإشعاعي الصناعي

دليل الأمان المحدد

العدد SSG-11

منشورات الوكالة المتعلقة بالأمان

معايير أمان الوكالة

الوكالة مختصة، بموجب أحكام المادة الثالثة من نظامها الأساسي، بأن تضع أو تعتمد معايير أمان بقصد حماية الصحة والتقليل إلى أدنى حد من الأخطار على الأرواح والممتلكات، وأن تتخذ ترتيبات لتطبيق هذه المعايير.

وتصدر المنشورات التي تضع الوكالة بواسطتها هذه المعايير ضمن سلسلة معايير أمان الوكالة. وتشمل هذه السلسلة الأمان النووي والأمان الإشعاعي وأمان النقل وأمان النفايات. وتصنف المنشورات الصادرة ضمن هذه السلسلة إلى فئات، وهي: أساسيات الأمان، ومتطلبات الأمان وأدلة الأمان.

ويعرض موقع شبكة الإنترنت الخاص بالوكالة، الوارد أدناه، معلومات عن برنامج معايير أمان الوكالة

<http://www-ns.iaea.org/standards/>

ويوفر هذا الموقع نصوص معايير الأمان المنشورة ومسوداتها باللغة الانكليزية. كما تتوفر نصوص معايير الأمان الصادرة باللغات الأسبانية والروسية والصينية والعربية والفرنسية، بالإضافة إلى مسرد مصطلحات الأمان الذي وضعته الوكالة وتقرير قيد الإعداد عن حالة معايير الأمان. وللحصول على مزيد من المعلومات، يُرجى الاتصال بالوكالة على

العنوان التالي: P.O. Box 100, 1400 Vienna, Austria.

والدعوة موجّهة إلى جميع مستخدمي معايير أمان الوكالة لإبلاغها بالخبرة المستفادة من استخدامها (كأساس للوائح الوطنية واستعراضات الأمان والدورات التدريبية مثلاً)، بما يكفل أن تظل هذه المعايير قادرة على تلبية احتياجات المستخدمين. ويمكن توفير المعلومات عن طريق موقع الوكالة على شبكة الإنترنت أو بالبريد، كما هو مبين أعلاه، أو بواسطة البريد الإلكتروني على العنوان التالي: Official.Mail@iaea.org.

المنشورات الأخرى المتعلقة بالأمان

تتخذ الوكالة ترتيبات لتطبيق معايير الأمان، وبموجب أحكام المادة الثالثة والفقرة جيم من المادة الثامنة من نظامها الأساسي توفر معلومات بشأن الأنشطة النووية السلمية وتيسر تبادلها وتقوم، لهذا الغرض، بدور الوسيط بين دولها الأعضاء.

وتصدر تقارير عن الأمان والوقاية في مجال الأنشطة النووية بوصفها تقارير أمان توفر أمثلة عملية وأساليب تفصيلية يمكن استخدامها دعماً لمعايير الأمان.

وتصدر الوكالة منشورات أخرى متعلقة بالأمان مثل تقارير التقييم الإشعاعي،

وتقارير الفريق الدولي للأمان النووي، والتقارير التقنية، والوثائق التقنية. كما تصدر الوكالة تقارير عن الحوادث الإشعاعية، وأدلة خاصة بالتدريب وأدلة عملية، وغير ذلك من المنشورات الخاصة المتعلقة بمجال الأمان. وتصدر منشورات متعلقة بالأمن ضمن سلسلة الوكالة الخاصة بالأمن النووي.

الأمان الإشعاعي في التصوير
الإشعاعي الصناعي

الدول الأعضاء في الوكالة الدولية للطاقة الذرية

ليبيا	السفغال	بوتسوانا	الاتحاد الروسي
ليبيريا	السودان	بوركينافاسو	إثيوبيا
ليتوانيا	السويد	بوروندي	أذربيجان
ليسوتو	سويسرا	البوسنة والهرسك	الأرجنتين
مالاوي	سيراليون	بولندا	الأردن
مالطة	سيشيل	بوليفيا	أرمينيا
مالي	شيلي	بيرو	إريتريا
ماليزيا	صربيا	بيلاروس	إسبانيا
مدغشقر	الصين	تايلند	أستراليا
مصر	طاجيكستان	تركيا	إستونيا
المغرب	العراق	تشاد	إسرائيل
المكسيك	عمان	تونس	أفغانستان (جمهورية- الإسلامية)
المملكة العربية السعودية	غابون	جامايكا	إكوادور
المملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وأيرلندا	غانا	الجزائر	ألبانيا
الشمالية	غواتيমাالا	جزر مارشال	ألمانيا
منغوليا	فرنسا	جمهورية أفريقيا الوسطى	الإمارات العربية المتحدة
موريتانيا (جمهورية- الإسلامية)	الفلبين	الجمهورية التشيكية	إندونيسيا
موريشيوس	فنزويلا (جمهورية- البوليفارية)	الجمهورية الدومينيكية	أنغولا
موزامبيق	فنلندا	الجمهورية العربية السورية	أوروغواي
موناكو	فجيت نام	جمهورية الكونغو	أوزبكستان
ميانمار	قبرص	الديمقراطية	أوغندا
ناميبيا	قطر	جمهورية تنزانيا المتحدة	أوكرانيا
النرويج	قيرغيزستان	جمهورية كوريا	إيران (جمهورية- الإسلامية)
النمسا	كازاخستان	جمهورية لاو الديمقراطية	أيرلندا
نيبال	الكاميرون	الشعبية	أيسلندا
النيجر	الكرسي الرسولي	جمهورية مقدونيا	إيطاليا
نيجيريا	كرواتيا	اليوغوسلافية سابقاً	بابوا غينيا الجديدة
نيكاراغوا	كمبوديا	جمهورية مولدوفا	باراغواي
نيوزيلندا	كندا	جنوب أفريقيا	باكستان
هايتي	كوبا	جورجيا	بالاو
الهند	كوت ديفوار	الدانمرك	البحرين
هندوراس	كوستاريكا	رومانيا	البرازيل
هنغاريا	كولومبيا	زامبيا	البرتغال
هولندا	الكونغو	زمبابوي	بلجيكا
الولايات المتحدة	الكويت	سري لانكا	بلغاريا
الأمريكية	كينيا	السلفادور	بلز
اليابان	لاتفيا	سلوفاكيا	بنغلاديش
اليمن	لبنان	سلوفينيا	بنما
اليونان	لختنشتاين	سنغافورة	بنن
	لكسمبورغ		

وافق المؤتمر الخاص بالنظام الأساسي للوكالة الدولية للطاقة الذرية الذي عقدت في المقر الرئيسي للأمم المتحدة بنيويورك في ٢٣ تشرين الأول/أكتوبر ١٩٥٦ على النظام الأساسي للوكالة الذي بدأ نفاذه في ٢٩ تموز/يوليه ١٩٥٧. ويقع المقر الرئيسي للوكالة في فيينا. ويتمثل هدفها الرئيسي في "تعبيل وتوسيع مساهمة الطاقة الذرية في السلام والصحة والازدهار في العالم أجمع".

العدد SSG-11 من سلسلة معايير الأمان الصادرة عن الوكالة الدولية للطاقة الذرية

الأمان الإشعاعي في التصوير الإشعاعي الصناعي

دليل الأمان المحدد

الوكالة الدولية للطاقة الذرية

فيينا، ٢٠١٢

ملاحظة بشأن حقوق النشر

جميع منشورات الوكالة العلمية والتقنية محمية بموجب أحكام الاتفاقية العالمية لحقوق النشر بشأن الملكية الفكرية بصيغتها المعتمدة في عام ١٩٥٢ (برن) والمنقحة في عام ١٩٧٢ (باريس). وقد تم تمديد حق النشر منذ ذلك الحين بواسطة المنظمة العالمية للملكية الفكرية (جنيف) ليشمل الملكية الفكرية الإلكترونية والفعلية. ويجب الحصول على إذن باستخدام النصوص الواردة في منشورات الوكالة بشكل مطبوع أو إلكتروني، استخداماً كلياً أو جزئياً؛ ويخضع هذا الإذن عادة لاتفاقيات حقوق النشر والإنتاج الأدبي. ويُرحَّبُ بأية اقتراحات تخص الاستنساخ والترجمة لأغراض غير تجارية، وسيُنظر فيها على أساس كل حالة على حدة. وينبغي توجيه أية استفسارات إلى قسم النشر التابع للوكالة (IAEA Publishing Section) على العنوان التالي:

Sales and Promotion Unit, Publishing Section

International Atomic Energy Agency

Vienna International Centre

P.O. Box 100

1400 Vienna

Austria

fax: +43 1 2600 29302

tel.: +43 1 2600 22417

email: sales.publications@iaea.org

<http://www.iaea.org/books>

© الوكالة الدولية للطاقة الذرية، ٢٠١٢
طُبع من قبل الوكالة الدولية للطاقة الذرية في النمسا

تموز/يوليه ٢٠١٢

STI/PUB/1466

ISBN 978-92-0-633110-1

ISSN 1996-7497

تمهيد بقلم يوكيا أمانو المدير العام

إن النظام الأساسي للوكالة الدولية للطاقة الذرية يخوّل الوكالة "أن تضع أو تعتمد... معايير سلامة بقصد حماية الصحة والتقليل إلى أدنى حد من الأخطار على الأرواح والممتلكات" - وهي المعايير التي يجب أن تستخدمها الوكالة في عملياتها هي ذاتها، والتي يمكن للدول أن تطبّقها من خلال أحكامها الرقابية المتعلقة بالأمان النووي والإشعاعي. وتقوم الوكالة بذلك بالتشاور مع الأجهزة المختصة في الأمم المتحدة ومع الوكالات المتخصصة المعنية. ووضع مجموعة شاملة من المعايير ذات الجودة العالية وإخضاعها للاستعراض بصفة منتظمة، فضلاً عن مساعدة الوكالة في تطبيق تلك المعايير، إنما يشكّل عنصراً أساسياً لأي نظام عالمي مستقر ومستدام للأمان.

وقد بدأت الوكالة برنامجهما الخاص بمعايير الأمان في عام ١٩٥٨. وأدى التركيز على الجودة والملاءمة للغرض والتحسين المستمر إلى استخدام معايير الوكالة على نطاق واسع في جميع أنحاء العالم. وأصبحت سلسلة معايير الأمان تضم الآن مبادئ أساسية موحدة للأمان، تمثل توافقاً دولياً على ما يجب أن يشكّل مستوى عالياً من الحماية والأمان. وتعمل الوكالة، بدعم قوي من جانب لجنة معايير الأمان، على تعزيز قبول واستخدام معايير الأمان الخاصة بها على الصعيد العالمي.

والمعايير لا تكون فعالة إلا إذا ما طبّقت بشكل صحيح في الممارسة العملية. وتشمل خدمات الأمان التي تقدمها الوكالة التصميم، وتحديد المواقع والأمان الهندسي، والأمان التشغيلي، والأمان الإشعاعي، والنقل المأمون للمواد المشعة، والتصرف المأمون في النفايات المشعة، فضلاً عن التنظيم الحكومي، والمسائل الرقابية، وثقافة الأمان في المنظمات وخدمات الأمان المذكورة تساعد الدول الأعضاء في تطبيق المعايير وتتيح تقاسم خبرات ورؤى قيّمة.

إن تنظيم الأمان مسؤولية وطنية، وقد قررت العديد من الدول اعتماد معايير الوكالة لاستخدامها في لوائحها الوطنية. وبالنسبة للأطراف في الاتفاقيات الدولية المختلفة للأمان، توفر معايير الوكالة وسيلة متسقة وموثوقة بها لضمان التنفيذ الفعال لالتزاماتها بموجب تلك الاتفاقيات. كما يتم تطبيق المعايير من جانب الهيئات الرقابية والمشغّلين حول العالم لتعزيز الأمان في مجال توليد القوى النووية وفي التطبيقات النووية المتصلة بالطب والصناعة والزراعة والبحوث.

والأمان ليس غاية في حد ذاته وإنما هو شرط مسبق لغرض حماية الناس في جميع الدول وحماية البيئة - في الحاضر والمستقبل. ويجب تقييم المخاطر المرتبطة بالإشعاعات المؤيونة والسيطرة عليها دون الحد على نحو غير ملائم من مساهمة الطاقة النووية في التنمية العادلة والمستدامة. ويجب على الحكومات والهيئات الرقابية والمشغّلين في كل مكان ضمان استخدام المواد النووية والمصادر الإشعاعية على نحو مفيد ومأمون وأخلاقي. وقد صُمّمت معايير الأمان الخاصة بالوكالة لتسهيل هذه الغاية، وأشجّع جميع الدول الأعضاء على الاستفادة منها.

معايير أمان الوكالة

الخلفية

يمثل النشاط الإشعاعي ظاهرة طبيعية، كما أن مصادر الإشعاعات الطبيعية تعكس ملامح البيئة. وللإشعاعات والمواد المشعة تطبيقات مفيدة كثيرة، يتراوح نطاقها بين توليد القوى والاستخدامات في مجالات الطب والصناعة والزراعة. ويجب تقدير حجم المخاطر الإشعاعية التي قد تهدد العاملين والجمهور والبيئة من جراء هذه التطبيقات، والسيطرة عليها إذا اقتضى الأمر.

ولذلك فإن أنشطة مثل الاستخدامات الطبية للإشعاعات، وتشغيل المنشآت النووية، وإنتاج المواد المشعة ونقلها واستعمالها، والتصرف في النفايات المشعة، كلها يجب إخضاعها لمعايير أمان.

وتنظيم الأمان رقابياً ومسؤولية وطنية بيد أن المخاطر الإشعاعية قد تتجاوز الحدود الوطنية؛ ومن شأن التعاون الدولي أن يعزز الأمان ويدعمه على النطاق العالمي، وذلك عن طريق تبادل الخبرات، وتحسين القدرات الكفيلة بالسيطرة على المخاطر ومنع الحوادث، إلى جانب التصدي للطوارئ والتخفيف من حدة ما قد ينجم عنها من عواقب وخيمة.

ويقع على الدول التزام ببذل العناية الواجبة، كما أن من واجبها توخي الحرص، ويُتوقع منها أن تفي بتعهداتها والتزاماتها الوطنية والدولية.

ومعايير الأمان الدولية توفر الدعم للدول في الوفاء بما عليها من التزامات بموجب المبادئ العامة للقانون الدولي، كذلك المتعلقة بحماية البيئة. كما أن لهذه المعايير أثرها في تعزيز وضمان الثقة في الأمان، فضلاً عن تيسير التجارة والتبادل التجاري على النطاق الدولي.

وثمة نظام عالمي للأمان النووي قيد العمل ويجري تحسينه بصورة مستمرة. وتشكل معايير الأمان التي تضعها الوكالة، والتي تدعم تنفيذ الصكوك الدولية الملزمة والبنى الأساسية الوطنية للأمان، حجر الزاوية في هذا النظام العالمي. وتشكل معايير أمان الوكالة أداة تقييد الأطراف المتعاقدة في تقييم أدائها بموجب هذه الاتفاقيات الدولية.

معايير الأمان التي تضعها الوكالة

تنبثق حالة معايير أمان الوكالة من نظام الوكالة الأساسي الذي يأذن للوكالة بأن تضع أو تعتمد، بالتشاور مع الأجهزة المختصة في الأمم المتحدة ومع الوكالات المتخصصة المعنية، وبالتعاون معها عند الاقتضاء، معايير سلامة [معايير أمان] بقصد حماية الصحة والتقليل إلى أدنى حد من الأخطار على الأرواح والممتلكات، وأن تتخذ ترتيبات لتطبيق هذه المعايير.

وبهدف ضمان حماية الناس والبيئة من التأثيرات الضارة الناتجة عن الإشعاعات المؤيِّنة، تحدّد معايير أمان الوكالة المبادئ والمتطلبات والتدابير الأساسية الخاصة بالأمان لمراقبة تعرُّض الناس للإشعاعات ومراقبة انتشار المواد المشعة في البيئة، والحدّ من احتمال وقوع أحداث قد تفضي إلى فقدان السيطرة على قلب مفاعل نووي، أو تفاعل نووي متسلسل، أو مصدر مشعّ أو أي مصدر آخر من مصادر الإشعاعات،

والتخفيف من حدّة العواقب المترتّبة على هذه الأحداث إذا ما قدّر لها أن تقع. وتطبّق المعايير على المرافق والأنشطة التي تنشأ منها مخاطر إشعاعية، بما في ذلك المنشآت النووية، واستخدام المصادر الإشعاعية والمشعّة، ونقل المواد المشعّة، والتصرّف في النفايات المشعّة.

وتشترك تدابير الأمان وتدابير الأمن¹ في هدف واحد هو حماية حياة البشر وصحتهم وحماية البيئة. ويجب أن تصمّم وتنفّذ تدابير الأمان وتدابير الأمن بطريقة متكاملة بحيث لا تخلّ تدابير الأمن بالأمان ولا تخلّ تدابير الأمان بالأمن. وتعكس معايير أمان الوكالة توافقاً دولياً في الآراء حول ماهية العناصر التي تشكّل مستوى عالياً من الأمان لحماية الناس والبيئة من التأثيرات الضارة للإشعاعات المؤيّنة. ويتم إصدار هذه المعايير ضمن سلسلة معايير أمان الوكالة، وهي تنقسم إلى ثلاث فئات (انظر الشكل 1).

أساسيات الأمان

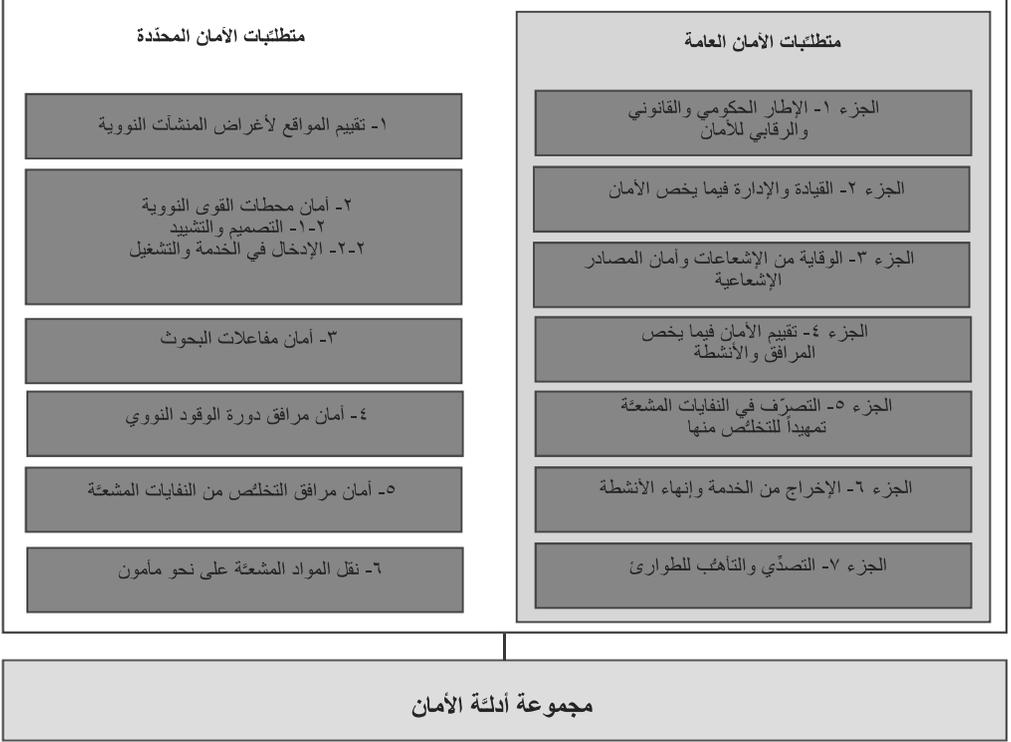
تعرض أساسيات الأمان أهداف ومبادئ الحماية والأمان، وتوفّر الأساس الذي تقوم عليها متطلبات الأمان.

متطلبات الأمان

تحدّد مجموعة متكاملة ومتساوقة من متطلبات الأمان المتطلبات التي يجب استيفاؤها لضمان حماية الناس والبيئة، سواء في الوقت الحاضر أو في المستقبل. وتخضع المتطلبات لأهداف ومبادئ أساسيات الأمان. وإذا لم يتم استيفاء هذه المتطلبات، يجب اتخاذ تدابير لبلوغ أو استعادة مستوى الأمان المطلوب. وشكل المتطلبات وأسلوبها ييسّر استخدامها بشأن وضع إطار رقابي وطني على نحو متوائم. وتستخدم متطلبات الأمان عبارات تفيد بمعنى "يجب" إلى جانب عبارات تتناول شروط مرتبطة بذلك يتعيّن استيفاؤها. والعديد من المتطلبات ليست موجّهة إلى طرف على وجه التحديد، بما يقتضي ضمناً مسؤولية الأطراف المختصة حيال الوفاء بها.

1 انظر أيضاً المنشورات الصادرة في إطار سلسلة وثائق الأمن النووي التي تضعها الوكالة.

أساسيات الأمان
مبادئ الأمان الأساسية



الشكل ١: الهيكل الطويل الأجل لسلسلة معايير الأمان التي تضعها الوكالة

أدلة الأمان

توفّر أدلة الأمان توصيات وإرشادات بشأن كيفية الامتثال لمتطلبات الأمان، بما يشير إلى توافق دولي في الآراء على ضرورة اتخاذ التدابير الموصى بها (أو تدابير بديلة مكافئة لها). وتعرض أدلة الأمان الممارسات الدولية الجيدة وتعمل باطراد على تجسيد أفضل الممارسات من أجل مساعدة المستخدمين في سعيهم الدؤوب إلى تحقيق مستويات أمان رفيعة. ويُعبّر عن التوصيات الواردة في أدلة الأمان بعبارات تفيد بمعنى "ينبغي".

تطبيق معايير أمان الوكالة

الهيئات الرقابية وغيرها من السلطات الوطنية ذات الصلة هي المستخدمة الرئيسية لمعايير الأمان في الدول الأعضاء في الوكالة. وتستخدم معايير أمان الوكالة أيضاً من جانب منظمات مشاركة في الرعاية ومن جانب منظمات عديدة تقوم بتصميم وتشيد وتشغيل مرافق نووية، بالإضافة إلى منظمات تُعنى باستخدام المصادر الإشعاعية والمشعة.

ومعايير أمان الوكالة قابلة للتطبيق، حسب الاقتضاء، طوال كامل عمر تشغيل المرافق والأنشطة جميعها – القائم منها والمستجد – المستخدمة للأغراض السلمية، كما تنطبق على الإجراءات الوقائية الهادفة إلى تقليص المخاطر الإشعاعية القائمة. ويمكن أن تستخدمها الدول كمرجع لها بشأن لوائحها الوطنية المتعلقة بالمرافق والأنشطة. ونظام الوكالة الأساسي يجعل معايير الأمان مُلزِمة للوكالة فيما يخص عملياتها هي ذاتها ومُلزِمة أيضاً للدول فيما يخص العمليات التي تتم بمساعدة الوكالة. كما تشكل معايير أمان الوكالة الأساس لخدمات استعراض الأمان التي تضطلع بها الوكالة، وتستخدمها الوكالة فيما يدعم بناء الكفاءة، بما في ذلك وضع وتطوير المناهج التعليمية والدورات التدريبية ذات الصلة.

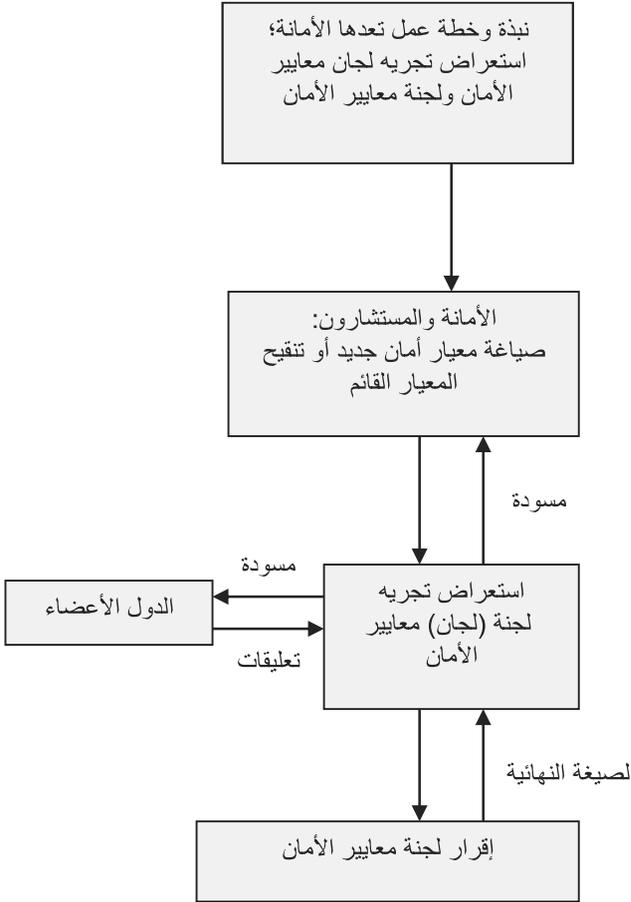
وتتضمن الاتفاقيات الدولية متطلبات مماثلة للمتطلبات المنصوص عليها في معايير أمان الوكالة، فتجعلها مُلزِمة للأطراف المتعاقدة. ومعايير أمان الوكالة، مع استكمالها بالاتفاقيات الدولية ومعايير الصناعة ومتطلبات وطنية تفصيلية، ترسى أساساً متسقاً لحماية الناس والبيئة. وسيكون ثمة أيضاً بعض الجوانب الخاصة المتعلقة بالأمان تحتاج إلى إجراء تقييم بشأنها على المستوى الوطني. فعلى سبيل المثال، إن المقصود بالعديد من معايير الأمان، لا سيما المعايير التي تتناول جوانب الأمان في عملية التخطيط أو التصميم، هو أن تنطبق في المقام الأول على المرافق والأنشطة الجديدة. وقد لا تستوفي المتطلبات المحددة في معايير أمان الوكالة على نحو كامل في بعض المرافق القائمة التي تم بناؤها وفقاً لمعايير سابقة. وعلى فرادى الدول أن تتخذ قرارات بشأن الطريقة اللازم إتباعها في تطبيق معايير أمان الوكالة على تلك المرافق.

والاعتبارات العلمية التي تشكل أساس معايير أمان الوكالة توفر ركيزة موضوعية للقرارات المتعلقة بالأمان؛ بيد أنه يجب أيضاً على متّخذي القرارات إصدار أحكام مستنيرة وتحديد السبيل الأمثل لموازنة المنافع التي يجلبها فعل أو نشاط ما مقابل ما يرتبط به من مخاطر إشعاعية وأي آثار ضارة أخرى يحدثها.

عملية تطوير معايير أمان الوكالة

يشترك في إعداد واستعراض معايير الأمان، أمانة الوكالة، وأربع لجان لمعايير الأمان مختصة بالأمان في مجالات الأمان النووي (لجنة معايير الأمان النووي)، والأمان الإشعاعي (لجنة معايير الأمان الإشعاعي) وأمان النفايات المشعة (لجنة معايير أمان

النفايات)، والنقل المأمون للمواد المشعّة (لجنة معايير أمان النقل)، ولجنة معنية بمعايير الأمان (لجنة معايير الأمان)، وتتولّى هذه الأخيرة الإشراف على برنامج معايير الأمان التي تضعها الوكالة برمتها (انظر الشكل ٢).



الشكل ٢: عملية استحداث معيار أمان جديد أو تنقيح معيار قائم.

ويجوز لجميع الدول الأعضاء في الوكالة تسمية خبراء للجان معايير الأمان، ولها أن تبدي تعليقات على مسودات المعايير. ويعيّن المدير العام أعضاء لجنة معايير الأمان، وهي تضم مسؤولين حكوميين كباراً ممن يُعهد إليهم بمسؤولية وضع معايير وطنية.

وأنشئ نظام إداري يُعنى بعمليات تخطيط معايير أمان الوكالة ووضعها واستعراضها وتنقيحها وإرساء العمل بها. وهو يعبر عن ولاية الوكالة، والرؤية بشأن التطبيق المستقبلي للمعايير والسياسات والاستراتيجيات في مجال الأمان، والوظائف والمسؤوليات الموازية لذلك.

التفاعل مع المنظمات الدولية الأخرى

عند وضع معايير أمان الوكالة، تؤخذ بعين الاعتبار استنباطات لجنة الأمم المتحدة العلمية المعنية بآثار الإشعاع الذري وتوصيات هيئات الخبراء الدولية، وفي مقدمتها اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاعات. وتوضع بعض معايير الأمان بالتعاون مع هيئات أخرى في منظومة الأمم المتحدة أو مع وكالات متخصصة أخرى، بما فيها منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة، وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة، ومنظمة العمل الدولية، ووكالة الطاقة النووية التابعة لمنظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي، ومنظمة الصحة للبلدان الأمريكية، ومنظمة الصحة العالمية.

تفسير النص

يجب أن تُفسر المصطلحات المتصلة بالأمان على نحو تعريفها في مسرد مصطلحات الأمان الخاص بالوكالة (انظر الموقع: <http://www-ns.iaea.org/standards/safety-glossary.htm>). وفيما يخص أدلة الأمان، تكون الحجية لصيغة النص المحررة باللغة الانكليزية.

ويرد في القسم ١، أي المقدمة، من كل منشور شرح لخلفية وسياق كل معيار في سلسلة معايير أمان الوكالة، وهدفه ونطاقه وهيكله.

أما المواد التي لا يوجد لها أي موضع ملائم في نص المتن (كالمواد الإضافية لنص المتن أو المنفصلة عنه، التي ترد على نحو داعم للعبارات الواردة في نص المتن، أو تصف أساليب الحساب أو الإجراءات أو الحدود والشروط) فيجوز عرضها في تذييلات أو مرفقات.

ويُعتبر أي تذييل، في حالة إدراجه، جزءاً لا يتجزأ من معيار الأمان. ويكون للمواد الواردة في تذييل ما نفس الوضع كنص المتن وتضطلع الوكالة بمسؤولية تأليف تلك المواد. وتستخدم المرفقات والحواشي التابعة للنص الأساسي، في حالة إدراجها، من أجل إعطاء أمثلة عملية أو توفير معلومات أو شروح إضافية. ولا تُعدّ المرافق والحواشي جزءاً لا يتجزأ من النص الأساسي. ومواد المرفقات التي تنشرها الوكالة لا تصدر بالضرورة من تأليف الوكالة ذاتها؛ ذلك أنه يجوز أن ترد مواد من تأليف جهات أخرى ضمن المرفقات بمعايير الأمان. والمواد الدخيلة التي ترد ضمن مرفقات تُقتبس ثم تواءم حسب الاقتضاء لتكون ذات فائدة على وجه العموم.

المحتويات

١	المقدمة	- ١
١	الخلفية (١-١ إلى ٥-١)	
٢	الهدف (٦-١ إلى ٧-١)	
٢	النطاق (٨-١ إلى ١١-١)	
٣	الهيكل (١٢-١ إلى ١٤-١)	
٣	الواجبات والمسؤوليات	- ٢
٣	عام (١-٢)	
٤	المنظمة المشغلة (٢-٢ إلى ١٢-٢)	
٦	الموظفون المسؤولون عن الوقاية الإشعاعية (١٣-٢ إلى ١٥-٢)	
٧	الخبراء المؤهلون (١٦-٢ إلى ١٨-٢)	
٨	العاملون (١٩-٢ إلى ٢٥-٢)	
٩	العميل (٢٦-٢ إلى ٣٠-٢)	
١٠	تقييم الأمان	- ٣
١٠	عام (١-٣ إلى ٣-٣)	
١١	منهجية تقييم الأمان (٤-٣)	
١١	نتائج تقييم الأمان (٥-٣)	
١٢	استعراض تقييم الأمان (٦-٣)	
١٢	برنامج الوقاية من الإشعاع	- ٤
١٢	الأهداف والنطاق (١-٤ إلى ٣-٤)	
١٣	الهيكل والمحتوى (٤-٤ إلى ٥-٤)	
١٣	هيكل وسياسات الإدارة (٦-٤ إلى ٢٧-٤)	
١٨	سجلات تقييم الأمان (٢٨-٤)	
١٨	لجنة الأمان الإشعاعي (٢٩-٤)	
١٨	التدريب والتأهيل	- ٥
١٨	عام (١-٥ إلى ٢-٥)	
١٩	تصميم برنامج التدريب (٣-٥ إلى ٥-٥)	
١٩	هيكل ومحتوى الدورة التدريبية (٦-٥ إلى ٧-٥)	
٢١	التدريب التشغيلي (٨-٥ إلى ٩-٥)	
٢١	الرصد الفردي للعاملين	- ٦

٢١	تقييم الجرعات الفردية (٦-١ إلى ٥-٦).....	
٢٣	أجهزة الرصد الشخصي المزودة بإنذار (٦-٦ إلى ٩-٦).....	
٢٣	مقاييس الجرعات ذات القراءة المباشرة (٦-١٠ إلى ٦-١٤).....	
٢٤	حفظ السجلات (٦-١٥ إلى ٦-١٨).....	
٢٥	تقصي الجرعات (٦-١٩).....	
٢٥	المراقبة الصحية (٦-٢٠).....	
٢٥	رصد مكان العمل.....	٧ -
٢٥	برنامج الرصد (٧-١ إلى ٧-٢).....	
٢٧	اختيار وصيانة ومعايرة أجهزة المسح (٧-٣ إلى ٧-٧).....	
٢٨	الرقابة على المصادر المشعة (٨-١ إلى ٨-٦).....	٨ -
٢٩	أمان مصادر التصوير الإشعاعي الصناعي وأجهزة التعريض.....	٩ -
٢٩	عام (٩-١ إلى ٩-٣).....	
٣٠	مصادر التصوير وأجهزة التعريض بأشعة غاما (٩-٤ إلى ٩-٣٦).....	
٣٨	مولدات الأشعة السينية (٩-٣٧ إلى ٩-٥٠).....	
٤٢	التصوير الإشعاعي في الحظائر المدرّعة.....	١٠ -
٤٢	عام (١٠-١ إلى ١٠-٣).....	
٤٢	التصميم والتدريب (١٠-٤ إلى ١٠-١٢).....	
٤٤	المناطق الخاضعة للرقابة والمناطق الخاضعة للإشراف (١٠-١٣ إلى ١٠-١٤).....	
٤٤	نُظم الأمان ونُظم الإنذار في التصوير بأشعة غاما (١٠-١٥ إلى ١٠-٢٤).....	
٤٦	نُظم الأمان ونُظم الإنذار (١٠-٢٥ إلى ١٠-٣٣).....	
٤٨	إجراءات التصوير الإشعاعي (١٠-٣٤ إلى ١٠-٤٤).....	
٤٩	الإخراج من الخدمة (١٠-٤٥).....	
٥٠	التصوير الإشعاعي في المواقع الخارجية.....	١١ -
٥٠	عام (١١-١ إلى ١١-٤).....	
٥١	الاستعداد للتصوير الإشعاعي الخارجي (١١-٥ إلى ١١-٦).....	
٥١	التعاون مع العميل (١١-٧ إلى ١١-١٠).....	
٥٢	تعيين حدود المنطقة الخاضعة للرقابة (١١-١١ إلى ١١-١٥).....	
٥٣	إشارات الإنذار (١١-١٦ إلى ١١-١٧).....	
٥٣	اللافتات (١١-١٨).....	
٥٣	تفَقُّد ورصد الحدود (١١-١٩ إلى ١١-٢١).....	
٥٤	الرصد (١١-٢٢ إلى ١١-٢٦).....	
٥٦	احتياطات إضافية للتصوير الخارجي بأشعة غاما (١١-٢٧ إلى ١١-٣٩).....	

٥٨	احتياطات إضافية للتصوير بالأشعة السينية في المواقع الخارجية، بما في ذلك استخدام المسرّعات (٤٠-١١ إلى ٤٤-١١)
٥٩	١٢- نقل المصادر المشعة
٥٩	النقل داخل موقع العمل (١-١٢ إلى ٢-١٢)
٥٩	النقل إلى موقع آخر (٣-١٢ إلى ٩-١٢)
٦٠	١٣- التأهب والتصدي للطوارئ
٦٠	عام (١-١٣ إلى ٦-١٣)
٦١	وضع خطط الطوارئ (٧-١٣ إلى ١٠-١٣)
٦٢	أنواع الطوارئ (١١-١٣ إلى ١٣-١٣)
٦٣	محتوى خطة الطوارئ الأساسية (١٤-١٣ إلى ١٦-١٣)
٦٤	معدات الطوارئ (١٧-١٣ إلى ١٩-١٣)
٦٥	إجراءات الطوارئ المحددة (٢٠-١٣ إلى ٢١-١٣)
٦٧	التدريب والتمرين (٢٢-١٣ إلى ٢٤-١٣)
٦٨	الاستعراض الدوري للخطط والمعدات (٢٥-١٣ إلى ٢٦-١٣)
٦٨	الإبلاغ (٢٧-١٣ إلى ٣٠-١٣)
٧١	تذييل: تصنيف الوكالة للمصادر المشعة
٧٥	المراجع
٨١	المرفق الأول - مثال على تقييم الأمان
٨٧	المرفق الثاني - لمحة عامة عن مصادر ومعدات التصوير الإشعاعي الصناعي
٩١	المرفق الثالث - أمثلة لحوادث التصوير الإشعاعي الصناعي
٩٩	المساهمون في الصياغة والاستعراض
١٠١	الهيئات التي تضطلع بإقرار معايير الأمان التي تضعها الوكالة

١ - مقدمة

الخلفية

١-١ - تطبيقات الإشعاع المؤيّن تعود على البشرية بالكثير من الفوائد التي تتراوح بين استخدامه في توليد القوى واستخداماته في الطب والصناعة والزراعة. ومن بين أعرق تطبيقات الإشعاع الصناعية استخدام التصوير الإشعاعي في الاختبار غير الإتلافي للمعدات. ويتيح التصوير الإشعاعي الصناعي وسيلة للتحقق من السلامة المادية للمعدات والهياكل، من قبيل السفن، والأنابيب، ووصلات اللحام، وقوالب الصب، والأجهزة الأخرى. والسلامة الهيكلية لتلك المعدات والهياكل لا تؤثر على أمان وجودة المنتجات فحسب، بل تمس أيضاً حماية العاملين والجمهور والبيئة.

١-٢ - ولا ينطوي العمل في مجال التصوير الإشعاعي الصناعي على مخاطر تُذكر عندما يمارس على نحو آمن. ومع ذلك فقد كشفت التجربة عن أن الأحداث التي انطوت على استخدام مصادر تصوير إشعاعي صناعي أسفرت في بعض الأحيان عن تلقي العاملين جرعات كبيرة نجمت عنها آثار بالغة على الصحة، مثل الحروق الإشعاعية والوفاة في بضع حالات. وعاني أيضاً أفراد الجمهور تعرضات إشعاعية زائدة في الحالات التي لم تكن فيها المصادر المشعة المستخدمة في التصوير الإشعاعي الصناعي تخضع لسيطرة أو رقابة سليمة. ونجم أيضاً تلوث للأشخاص والبيئة من جراء الحوادث التي انطوت على مصادر متآكلة أو تالفة. وغالباً ما يُمارس التصوير الإشعاعي الصناعي بحكم طبيعته في ظروف صعبة، مثل الأماكن المحصورة أو البرد القارس أو الحرارة الشديدة. وقد يسفر العمل في تلك الظروف المعاكسة عن حالات تشغيلية يتعذر فيها الحفاظ على مبدأ إبقاء الجرعات منخفضة عند أدنى حد معقول. ويتبين من كل ذلك ضرورة أن تقوم الإدارة العليا في المنظمة بترويج ثقافة أمان تكفل إعطاء الأولوية الأولى للأمان.

١-٣ - ويفترض هذا الدليل أن الدولة لديها هيكل حكومي وقانوني ورقابي فعال للأمان الإشعاعي يشمل التصوير الإشعاعي الصناعي^١ [٤-١].

^١ يقصد بعبارة 'التصوير الإشعاعي الصناعي' في هذا الدليل التصوير الإشعاعي الصناعي الذي ينطوي على مصادر مشعة. ويستخدم مصطلح 'إشعاع' في هذا الدليل للإشارة إلى الإشعاع المؤيّن. ويرد تعريف وشرح المصطلحات المستخدمة في هذا المنشور في مسرد مصطلحات الأمان الصادر عن الوكالة، إصدار عام ٢٠٠٧ [٥] (انظر أيضاً <http://www-ns.iaea.org/standards/safety-glossary.htm>).

٤-١- ويحل هذا الدليل محل العدد رقم ١٣ من سلسلة تقارير الأمان بشأن الوقاية الإشعاعية والأمان في التصوير الإشعاعي الصناعي.^٢

٥-١- وتستخدم المصطلحات وفقاً لتعاريفها الواردة في مسرد مصطلحات الأمان الصادر عن الوكالة (إصدار عام ٢٠٠٧) [٥]، ما لم يرد ما ينص على خلاف ذلك.

الهدف

٦-١- تحدد معايير الأمان الأساسية الدولية للوقاية من الإشعاعات المؤيئة ولأمان المصادر الإشعاعية (معايير الأمان الأساسية) [٢] المتطلبات الأساسية لوقاية الأشخاص من التعرض للإشعاع ولأمان المصادر الإشعاعية. ويساعد تنفيذ هذه المتطلبات على ضمان بقاء عدد الأشخاص المعرضين للإشعاع والجرعات التي يتلقونها عند أدنى حد معقول، ويساعد على منع وقوع الحوادث أو التخفيف من عواقبها. ويوصي هذا الدليل بالطريقة التي ينبغي أن يتم بها إجراء أعمال التصوير الإشعاعي الصناعي في إطار معايير الأمان الأساسية ومعايير الأمان الأخرى الصادرة عن الوكالة.

٧-١- وتستند الإرشادات الواردة في هذا المنشور إلى معايير الأمان الأساسية ومعايير الأمان الأخرى المشار إليها في النص. والإرشادات الواردة في هذا المنشور موجهة في المقام الأول إلى مديري المنظمات المشغلة المرخص لها إجراء أعمال تصوير إشعاعي صناعي، والمصورين الإشعاعيين، ومسؤولي الوقاية الإشعاعية، والجهات الرقابية. وهذه الإرشادات قد تهم أيضاً مصممي ومصنعي معدات ومرافق التصوير الإشعاعي الصناعي.

النطاق

٨-١- يطرح هذا الدليل توصيات لضمان الأمان الإشعاعي في التصوير الإشعاعي الصناعي المستخدم في أغراض الاختبار غير الإتلافي. ويشمل ذلك أعمال التصوير الإشعاعي الصناعي التي تستخدم فيها مصادر الأشعة السينية وأشعة غاما في مرافق مدرّعة ثابتة مزودة بضوابط هندسية فعالة، وخارج المرافق المدرّعة باستخدام مصادر متنقلة (التصوير الإشعاعي في المواقع الخارجية).

٩-١- ويتناول منشور آخر صادر عن الوكالة [٦] التوصيات والإرشادات المتصلة بتقنيات التصوير الإشعاعي الصناعي، مثل تقنيات الحصول على صور سليمة.

^٢ الوكالة الدولية للطاقة الذرية، Radiation Protection and Safety in Industrial Radiography، سلسلة تقارير الأمان، العدد ١٣، الوكالة الدولية للطاقة الذرية، فيينا (١٩٩٩).

١٠-١- ويندر نسبياً استخدام أشعة غاما في التصوير الإشعاعي تحت الماء واستخدام التصوير الإشعاعي النيوتروني. وتتطلب هاتان التقنيتان تقييمات متخصصة للأمان وإجراءات محددة. وهذه التقنيات لا يتناولها بالتحديد هذا المنشور، وإن كانت تنطبق عليها مبادئ الأمان العامة، مثل توفير التدريب الكافي وضمان بقاء الجرعات الإشعاعية عند أدنى حد معقول.

١١-١- وتزمع الوكالة إصدار دليل منفصل عن الأمان يتناول استخدام الإشعاع في الفحص الأمني للأشخاص والأمتعة، والبريد، والبضائع، والمركبات، وفي أغراض الكشف الأخرى المماثلة.

الهيكل

١٢-١- يبين القسم ٢ مختلف واجبات ومسؤوليات المنظمات والأفراد. ويتناول القسم ٣ و ٤ على التوالي إعداد تقييم الأمان وعلاقته ببرنامج الوقاية الإشعاعية. ويتناول القسم ٥ ضرورة أن تستخدم المنظمات المشغلة موظفين مدربين ومؤهلين. ويبين القسم ٦ و ٧ على التوالي الطريقة التي ينبغي بها إجراء رصد إشعاعي للعمال وأماكن العمل.

١٣-١- وتتناول الأقسام اللاحقة بالتفصيل الطريقة العملية السليمة للسيطرة على مصادر أشعة غاما (القسم ٨)، والأمان المادي لمصادر أشعة غاما والأشعة السينية والمعدات الملحقة بها (القسم ٩)، والاستخدام الآمن لمصادر الأشعة السينية وأشعة غاما في المرافق الثابتة وفي أماكن التصوير الخارجية (القسمان ١٠ و ١١ على التوالي)، والنقل الآمن للمصادر المشعة (القسم ١٢). ويتناول القسم ١٣ التأهب والتصدي لحالات الطوارئ التي تنطوي على مصادر تصوير إشعاعي صناعي.

١٤-١- ويتضمن التذييل ملخصاً لتصنيف الوكالة للمصادر المشعة. ويرد في المرفق الأول مثال لتقييم الأمان في التصوير الإشعاعي الصناعي. ويعرض المرفق الثاني لمحة عامة عن مصادر ومعدات التصوير الإشعاعي الصناعي. وأخيراً يتضمن المرفق الثالث عرضاً موجزاً يتناول أمثلة من الحوادث.

٢ - الواجبات والمسؤوليات

عام

١-٢- تقع المسؤولية العامة عن الأمان الإشعاعي على المنظمة المشغلة المرخص لها بإجراء أعمال تصوير إشعاعي صناعي. على أن الواجبات المحددة والمسؤوليات اليومية عن التشغيل الآمن للمعدات تقع على مجموعة من الأفراد، بمن فيهم الإدارة العليا، ومسؤول الوقاية الإشعاعية، وأخصائي التصوير الإشعاعي الصناعي ومساعدوه، والخبراء المؤهلون، وكذلك، في حالة التصوير الإشعاعي الخارجي، العميل المسؤول

عن المبنى الذي يتم فيه إجراء أعمال التصوير الإشعاعي وكل الأشخاص المعنيين المتعاقد معهم من الباطن. وينبغي أن تتفق كل الأطراف المعنية على جميع المسؤوليات والواجبات وينبغي تحديدها كتابةً.

المنظمة المشغلة

إدارة الأمان الإشعاعي وثقافة الأمان

٢-٢- - تتولى المنظمة المشغلة، من خلال مديريها، المسؤولية عن وضع وتنفيذ التدابير التقنية والتنظيمية اللازمة لضمان الوقاية والأمان والامتثال للمتطلبات القانونية والرقابية ذات الصلة. وقد يكون من الملائم في بعض الحالات تعيين أشخاص من خارج المنظمة لتنفيذ المهام أو الإجراءات المتصلة بتلك المسؤوليات، على أن تتحمل المنظمة المشغلة المسؤولية الأولى عن الأمان الإشعاعي والامتثال للمتطلبات الرقابية.

٢-٣- - وينبغي تكليف مدير أقدم بالمسؤولية الشاملة عن الإشراف على الأمان الإشعاعي والتحقق من إجراء أعمال التصوير الإشعاعي الصناعي وفقاً للمتطلبات الرقابية. ويلزم تحديد المسؤوليات المتعلقة بالأمان الإشعاعي، وينبغي أن تتفق عليها كل الأطراف المعنية وأن تسجل كتابةً. وينبغي أن يكفل المديرون وضع إجراءات لوقاية العاملين والجمهور والبيئة، وضمان بقاء الجرعات عند أدنى حد معقول (مبدأ تحقيق المستوى الأمثل من الوقاية). وينبغي توثيق كل السياسات والإجراءات وإتاحتها لجميع الموظفين وللهيئة الرقابية حسب الاقتضاء.

٢-٤- - ويلزم من المديرين تعزيز ثقافة الأمان في المنظمة، وتشجيع روح الاستفسار والتعلم فيما يتعلق بالوقاية والأمان، والحث على عدم التواكل [٢]. ويمكن الترويج لثقافة سليمة للأمان من خلال ترتيبات الإدارة ومواقف العاملين التي تتفاعل معاً لتعزيز نهج آمن في أداء العمل. ولا تقتصر ثقافة الأمان على الوقاية من الإشعاع، بل ينبغي أن تتسع لتشمل أيضاً الأمان التقليدي.

٢-٥- - والمنظمات المشغلة التي تسودها ثقافة أمان سليمة لا تلقي باللوم على الآخرين عند وقوع حادث؛ ولكنها تتعلم من أخطائها وتعزز الرغبة في التساؤل وتسعى باستمرار إلى تحسين الأمان في أساليب العمل. ويمكن عند التحقيق في الحوادث النظر في السلوك المقبول؛ على أنه يجوز في بعض الحالات اتخاذ تدابير تأديبية.

برنامج الوقاية الإشعاعية

٢-٦- - ينبغي أن تضع المنظمة المشغلة برنامجاً للوقاية من الإشعاع وتوثقه وتنفذه [٧]. وينبغي أن يشمل ذلك معلومات عن ترتيبات الوقاية الإشعاعية، وتقييم الأمان، وتدابير

تنفيذ الترتيبات، وآلية استعراض وتحديث الترتيبات. ويرد في القسمين ٣ و ٤ على التوالي المزيد من التفاصيل عن تقييم الأمان وبرنامج الوقاية الإشعاعية.

نظام الإدارة

٢-٧- ينبغي أن تضع المنظمة المشغلة نظاماً للإدارة يحدد مسؤوليات كل الأشخاص المعنيين وتفاصيل المتطلبات بالنسبة للمنظمة والعاملين والمعدات وأن تنفذ ذلك النظام وتقييمه وتحسنه باستمرار. وينبغي أن يستند نظام الإدارة إلى المعايير الوطنية أو الدولية [٨-١٠]. وينبغي أن يشمل النظام الآليات للتفتيش والمراجعة الداخلية الروتينية، وكذلك المراجعة من طرف ثالث حسب الاقتضاء. وينبغي دمج برنامج الوقاية الإشعاعية في نظام الإدارة.

المرافق والموارد

٢-٨- ينبغي أن تضمن المنظمة المشغلة إتاحة مرافق ومعدات مناسبة للتمكين من إجراء أعمال التصوير الإشعاعي بأمان ووفقاً للمتطلبات الرقابية. وينبغي على وجه الخصوص أن تشكل أجهزة الأمان وأجهزة الإنذار ذات الصلة جزءاً من معدات التصوير الإشعاعي. وينبغي أن يتاح عدد كافٍ من المصورين الإشعاعيين، والمساعدين، ومسؤولي الوقاية الإشعاعية لإجراء كل وظيفة بأمان. وينبغي تزويدهم بالمعدات الملائمة (مثل أجهزة الرصد الإشعاعي) لتمكينهم من إجراء العمل بأمان وبفعالية.

إخطار الهيئة الرقابية

٢-٩- ينبغي للمنظمة المشغلة عندما تعترض القيام بأعمال تصوير إشعاعي صناعي أن تخطر الهيئة الرقابية بنيتها في إجراء أعمال من هذا القبيل. وينبغي إرسال ذلك الإخطار قبل أن تبدأ المنظمة المشغلة في إجراء أي أعمال تنطوي على إشعاع، وينبغي أن تكون تفاصيل الإخطار متفقة مع المتطلبات الرقابية. وقد تشترط بعض الهيئات الرقابية تقديم معلومات إضافية بانتظام أو تبعاً لكل حالة على حدة (مثل أعمال التصوير الإشعاعي في المواقع الخارجية).

الترخيص من الهيئة الرقابية

٢-١٠- ينبغي للمنظمة المشغلة أن تتقدم إلى الهيئة الرقابية بطلب للحصول على ترخيص بحيازة مصادر تصوير إشعاعي أو تخزينها أو استخدامها أو توزيعها أو نقلها. وقد تشترط بعض الدول الحصول على ترخيص باستيراد أو تصدير مصادر تصوير إشعاعي. وينبغي ألا تبدأ أعمال التصوير الإشعاعي إلا بعد حصول المنظمة المشغلة على الترخيص اللازم الذي قد يفرض محظورات أو قيوداً معينة.

١١-٢- وينبغي للمنظمة المشغلة عند تقديم طلب الحصول على ترخيص أن ترفع إلى الهيئة الرقابية المستندات الملائمة التي تثبت إمكانية توفير المستوى الكافي من الأمان الإشعاعي والحفاظ عليه. وينبغي للهيئات الرقابية في حال عدم قبولها مبررات ضمنية أن تطلب من المنظمة المشغلة مسوغات رسمية تبرر استخدام الإشعاع المؤيّن بدلاً من التكنولوجيات البديلة لأغراض الاختبار غير الإتلافي.

١٢-٢- وينبغي كحد أدنى أن تشمل الأدلة المستندية اللازمة لدعم طلب الحصول على ترخيص ما يلي:

- (أ) معلومات عن مقدّم الطلب؛
- (ب) متطلبات المنظمة المشغلة بشأن تدريب وتأهيل جميع الموظفين المعنيين؛
- (ج) معلومات تقنية عن نوع (أنواع) المصدر الإشعاعي (المصادر الإشعاعية) والمعدات المستخدمة؛
- (د) تقييم للأمان يشمل استخدام المصادر وتخزينها؛
- (هـ) تفاصيل نظام الأمان والمرافق التي ستخزن أو ستستخدم فيها المصادر الإشعاعية (مثل التدريع، ونظم الإقفال التشابكي، ونظم الإنذار)؛
- (و) برنامج للوقاية الإشعاعية؛
- (ز) خطط وإجراءات الطوارئ.

الموظفون المسؤولون عن الوقاية الإشعاعية

١٣-٢- ينبغي أن تُعيّن المنظمة المشغلة داخلها موظفاً واحداً على الأقل يكون مسؤولاً عن الوقاية الإشعاعية للإشراف على التنفيذ اليومي لبرنامج الوقاية الإشعاعية وأداء المهام التي يتطلبها البرنامج. وقد تشمل واجبات مسؤول الوقاية الإشعاعية، تبعاً للمتطلبات التنظيمية، ما يلي:

- (أ) الإشراف على عمليات التصوير الإشعاعي الصناعي لمساعدة المنظمة المشغلة على الامتثال للمتطلبات الرقابية، بما في ذلك متطلبات النقل الآمن لمصادر التصوير الإشعاعي في أماكن التصوير الخارجية؛
- (ب) الاحتفاظ بسجلات حصر المصادر؛
- (ج) التفثيش على الضوابط الهندسية وأجهزة الأمان وأجهزة الإنذار وصيانتها؛
- (د) الإشراف على منافذ دخول المناطق الخاضعة للرقابة؛
- (هـ) اتخاذ ترتيبات قياس الجرعات الشخصية وإجراء استعراض دوري لها، بما في ذلك حفظ سجلات الجرعات المهنية واستعراضها؛
- (و) ضمان تدريب المصورين الإشعاعيين تدريباً مناسباً على استخدام المعدات والوقاية الإشعاعية وحصولهم على تدريب تنشيطي بانتظام؛

- (ز) ضمان وضع خطط للطوارئ يتم التمرن عليها بانتظام؛
 (ح) الإشراف على ترتيبات رصد أماكن العمل؛
 (ط) وضع وإصدار القواعد المحلية (بما في ذلك تصاريح العمل عند الاقتضاء) واستعراضها دورياً؛
 (ي) التحقيق في التعرضات التي تتخطى المستويات المعتادة والتعرضات الزائدة؛
 (ك) التحقيق في الأحداث، بما في ذلك الحوادث، والإبلاغ عنها.

٢-١٤- ويتوقف عدد من مسؤولي الوقاية الإشعاعية الذين يلزم تعيينهم على حجم المنظمة المشغلة، وعدد مصادر التصوير الإشعاعي، ووتيرة وطبيعة أعمال التصوير الإشعاعي المطلوبة. وينبغي في الحالات التي يعين فيها أكثر من مسؤول للوقاية الإشعاعية أن تحدد بوضوح واجبات ومسؤوليات كل واحد منهم. وحتى في المنظمات الصغيرة التي لا تضم سوى عدد قليل من الموظفين ينبغي تكليف شخص يتمتع بالدراسة الكافية والمستوى الملائم من التدريب والخبرة بمسؤولية الوقاية الإشعاعية.

٢-١٥- وينبغي أن يكون مسؤول الوقاية الإشعاعية موظفاً في الشركة، وينبغي أن تكون لديه مؤهلات مناسبة، وأن يتمتع بخبرة في مجال التصوير الإشعاعي، وأن يكون له دور يسمح له بالإشراف عن كثب على أعمال التصوير الإشعاعي. وينبغي للمنظمة المشغلة أن تكفل لمسؤول الوقاية الإشعاعية ما يكفي من الوقت والسلطة والموارد لإجراء واجباته بفعالية. وينبغي أيضاً منح مسؤول الوقاية الإشعاعية سلطة وقف الأعمال غير الآمنة والتواصل بفعالية مع كل من في المنظمة، وبخاصة مع كبار المديرين، بما يضمن أن المستويات العليا تؤيد القرارات التي قد تمس الأمان الإشعاعي.

الخبراء المؤهلون

٢-١٦- يمكن للمنظمة المشغلة التشاور مع واحد أو أكثر من الخبراء المؤهلين في المسائل المتصلة بالأمان الإشعاعي، من قبيل تصميم مرافق التصوير الإشعاعي، وحسابات التدريب الإشعاعي، واختبار أجهزة المسح الإشعاعي وصيانتها. ولا يمكن أن تفوض للخبير المؤهل المسؤولية عن الامتثال للمتطلبات الرقابية، التي تظل دوماً ملقاة على عاتق المنظمة المشغلة.

٢-١٧- ولا يشترط في الخبراء المؤهلين أن يكونوا موظفين لدى المنظمة المشغلة، ويجوز تعيينهم على أساس غير متفرغ أو في مشروعات بعينها. ويلزم بالدرجة الأولى أن يفهم الخبير المؤهل بكل المعايير الوطنية الملائمة المتعلقة بالمؤهلات أو الشهادات.

٢-١٨- وينبغي أن يعمل الخبير المؤهل في تعاون وثيق مع مسؤول الوقاية الإشعاعية لضمان أداء كل الواجبات والمهام الضرورية.

العاملون

المصورون الإشعاعيون

٢-١٩- بينما تقع المسؤولية الأولى عن الأمان الإشعاعي على المنظمة المشغلة، يتحمل المصورون الإشعاعيون (بمن فيهم المساعدون والمتدربون) المسؤولية عن العمل بأمان واتخاذ كل الإجراءات المعقولة للحد من تعرضهم وتعرض العاملين الآخرين وأفراد الجمهور.

وينبغي أن يقوم المصورون الإشعاعيون بما يلي:

- (أ) اتباع القواعد المحلية (انظر القسم ٤) وكافة الإجراءات ذات الصلة؛
- (ب) حمل مقاييس الجرعات الفردية في المكان الصحيح في كل الأوقات عند إجراء أعمال التصوير الإشعاعي والتعامل مع المصدر (انظر القسم ٦)؛
- (ج) استخدام أجهزة الرصد الإشعاعي استخداماً سليماً ومنهجياً (انظر القسم ٧)؛
- (د) التعاون مع مسؤول الوقاية الإشعاعية والخبراء المؤهلين في كل ما يتعلق بالأمان الإشعاعي؛
- (هـ) المشاركة في أي تدريب على الأمان الإشعاعي؛
- (و) الامتناع عن أي إجراء متعمد يمكن أن يضعهم أو يضع الآخرين في أوضاع تخل بالمتطلبات الرقابية أو المتطلبات الخاصة بالمنظمة المشغلة.

٢-٢٠- وينبغي للمصور الإشعاعي أن يبلغ فوراً مسؤول الوقاية الإشعاعية بأي أحداث أو أي ظروف يمكن أن تسفر عن تعرضهم أو تعرض الأشخاص الآخرين لجرعات أعلى من المعتاد. ويمكن أن يشمل ذلك تعطل نُظم الأمان ونُظم الإنذار أو أي خلل ملحوظ فيها، أو وقوع أخطاء في اتباع الإجراءات، أو ارتكاب سوئ غير لائق. وينبغي رفع تقرير خطي إلى مسؤول الوقاية الإشعاعية في أقرب وقت ممكن بعد الحدث أو الملاحظة.

٢-٢١- وينبغي أن يشكل الأمان الإشعاعي جزءاً من الروتين اليومي لكل العاملين في التصوير الإشعاعي. وينبغي الحكم على ثقافة الأمان العامة في المنظمة على هذا الأساس.

المصورون الإشعاعيون المعينون بعقود قصيرة الأجل (العاملون المتنقلون)

٢-٢٢- ينبغي للمنظمات المشغلة التي تعيّن مصورين إشعاعيين يعملون لحسابهم الخاص لفترات قصيرة أن تكفل لهؤلاء المصورين الإشعاعيين نفس المستوى من الوقاية والأمان الذي يتمتع به المصورون الإشعاعيون المتفرغون. ولا يعمل هؤلاء المصورون الإشعاعيون المعينون بعقود قصيرة الأجل (الذين يُطلق عليهم في بعض الأحيان اسم

العاملين المتنقلين) إلا لفترات زمنية قصيرة (عدة أسابيع مثلاً) مع المنظمة المشغلة قبل تركها للعمل مع منظمة أخرى.

٢-٢٣- ويمكن أن تنشأ عن تلك الممارسات صعوبات خاصة تتعلق بالامتثال الرقابي. وينبغي أن تحدد بوضوح في الترتيبات التعاقدية المسؤوليات التي تتحملها المنظمة المشغلة ومسؤوليات المصور الإشعاعي المتنقل. ولتمكين هؤلاء المصورين الإشعاعيين من الامتثال للمتطلبات الرقابية، ينبغي أن تكون المنظمات المشغلة على علم بالجرعة الفعالة التراكمية السنوية للعامل المتنقل قبل مباشرته العمل لديها.

٢-٢٤- وتتوقف مسؤوليات المنظمة المشغلة والمصور الإشعاعي المتنقل على المتطلبات الرقابية المحددة. وينبغي للمنظمة المشغلة أن توضح للمصورين الإشعاعيين توزيع المسؤوليات فيما يتعلق بأمور من قبيل ما يلي:

- ترتيبات قياس الجرعات الشخصية وحفظ سجلات الجرعات (انظر القسم ٦)؛
- ترتيبات تقييم الحالة الصحية (انظر القسم ٦)؛
- ترتيبات رصد مكان العمل (انظر القسم ٧)؛
- القواعد المحلية (انظر القسم ٤).

٢-٢٥- وينبغي للمنظمة المشغلة أن تتحقق من حصول المصور الإشعاعي على المؤهلات الملائمة والتدريب اللازم على الأمان الإشعاعي وتقنيات التصوير الإشعاعي الصناعي. وينبغي أن تتحقق من تزويد المصور الإشعاعي بكل الإجراءات والوثائق الأخرى ذات الصلة بلغة يعرفها.

العميل

٢-٢٦- العميل هو المنظمة أو الشخص المسؤول عن التعاقد مع المنظمة المشغلة لإجراء أعمال التصوير الإشعاعي الصناعي. وينبغي أن يستعين العميل دوماً بمنظمة مشغلة مرخصة من الهيئة الرقابية وفقاً للمتطلبات الرقابية المتعلقة بالتصوير الإشعاعي الصناعي.

٢-٢٧- وينبغي أن يتيح العميل للمنظمة المشغلة مهلة زمنية كافية لتخطيط العمل وإجرائه بأمان، وتمكينها من الامتثال لأي إخطارات مسبقة تقضيها الهيئة الرقابية.

٢-٢٨- وينبغي ألا يفرض العميل أي شروط تعاقدية أو قيود تعيق المنظمة المشغلة عن أداء أعمال التصوير الإشعاعي بأمان. ويكون للمتطلبات الرقابية ومتطلبات الأمان أسبقية على المتطلبات التجارية. وينبغي أن يضمن العميل تنسيق أعمال التصوير الإشعاعي مع الأعمال الأخرى التي تجري داخل الموقع للتقليل إلى أدنى حد من المخاطر التي قد يتعرض لها المصورون الإشعاعيون نتيجة للأخطار المحددة داخل الموقع، وتقليص

تعرض العاملين الآخرين للإشعاع. وينبغي إجراء تنسيق خاص في الحالات التي تعمل فيها أكثر من منظمة من منظمات التصوير الإشعاعي في موقع العمل في آن واحد. ويمكن لنظام تصاريح العمل أن ييسر الاتصال والتنسيق بين مختلف الوظائف في نفس الموقع.

٢-٢٩- وتقع على العميل مسؤولية ضمان توفير بيئة عمل آمنة للمصورين الإشعاعيين، بما في ذلك توفير السقالات، والإنارة الكافية، والترتيبات الآمنة للعمل في السُفن أو الأماكن الضيقة أو الخنادق أو الأماكن الأخرى التي قد يلزم دخولها. وتقع على العميل أيضاً مسؤولية إبلاغ المصورين الإشعاعيين الزائرين بمسائل الأمان الخاصة بالموقع و/أو تزويدهم بالتدريب اللازم عليها.

٢-٣٠- ينبغي في حال تخزين المصادر المشعة مؤقتاً في موقع العمل أن يتأكد العميل والمنظمة المشغلة على السواء أن تلك المخازن مأمونة وآمنة، وأنه قد تم استصدار كل ما يلزم من تراخيص من الهيئة الرقابية. وينبغي أن تحدد بوضوح الإجراءات التي ينبغي أن يتبناها العميل والمنظمة المشغلة في دخول مخزن المصادر (انظر القسم ٧).

٣- تقييم الأمان

عام

٣-١- ينبغي للمنظمة المشغلة أن تجري وتوثق تقييماً لأمان كل نوع من المصادر المشعة المرخص لها باستخدامها. وقد يكون مقبولاً إجراء تقييم عام لأمان المصادر والأجهزة التي تكون من نفس النوع. وتقييم الأمان الأولي الذي يُطلق عليه في بعض الأحيان 'التقييم الإشعاعي المسبق' هو الأداة الرئيسية لتحديد تدابير الوقاية التي ينبغي اتخاذها، والتأكد من مراعاة كل البارامترات ذات الصلة بالوقاية والأمان. وينبغي توثيق تقييم الأمان وإخضاعه لاستعراض مستقل في نظام إدارة المنظمة المشغلة.

٣-٢- وينبغي إجراء تقييم الأمان قبل تسلُّم المصدر في الموقع أو قبل استخدامه للمرة الأولى. وينبغي أن تخطط المنظمة المشغلة مقدماً من أجل ضمان الوقت الكافي لاتخاذ التدابير المطلوبة للوقاية والأمان. وقد لا يلزم إجراء تقييم جديد للأمان في حالة الاستعاضة عن مصدر بمصدر مماثل.

٣-٣- وينبغي في الحالات التي يكون العمل قد بدأ فيها بالفعل قبل إجراء أي تقييم للأمان أن تجري المنظمة المشغلة تقييماً للأمان بأثر رجعي. وينبغي التأكد في تقييم الأمان بأثر رجعي من اتخاذ كل التدابير الوقائية ذات الصلة أو تحديد أي تدابير إضافية ينبغي اتخاذها.

منهجية تقييم الأمان

٣-٤ - تتسبب مصادر التصوير الإشعاعي الصناعي في معدلات كبيرة من الجرعات، وينبغي بالتالي أن تخضع لتقييم شامل للأمان. وينبغي أن تراعى في تقييم الأمان المخاطر الإشعاعية الناجمة عن الاستخدام الروتيني للمصدر الإشعاعي (المصادر الإشعاعية) واحتمالات وحجم التعرضات المحتملة من جراء الحوادث. ويرد في الملحق الأول مثال يبين تقييم الأمان في التصوير الإشعاعي الصناعي. وينبغي أن يشمل تقييم الأمان ما يلي:

- (أ) النظر في معدلات الجرعات الناشئة عن المصادر المشعة المدرّعة وغير المدرّعة ومولدات الأشعة السينية؛
- (ب) احتمالات تعرض المصورين الإشعاعيين والعاملين الآخرين والجمهور في مجموعة من سيناريوهات الاستخدام العادي والأحداث التي من المعقول توقعها؛
- (ج) الحدود والشروط التقنية لتشغيل المصادر؛
- (د) الطرق التي يمكن أن تتعطل بها الهياكل والنظم والمكونات وكذلك الإجراءات المتصلة بالوقاية والأمان أو التي يمكن أن تفضي على أي نحو آخر إلى تعرض محتمل وعواقب تلك الأعطال؛
- (هـ) الطرق التي يمكن بها للعوامل الخارجية أن تؤثر على الوقاية والأمان؛
- (و) الطرق التي يمكن بها لأخطاء التشغيل والعوامل البشرية أن تؤثر على الوقاية والأمان؛
- (ز) تقييم آثار أي تعديلات مقترحة على الوقاية والأمان.

نتائج تقييم الأمان

٣-٥ - ينبغي أن يشكّل تقييم الأمان أساساً لاتخاذ القرارات المتعلقة بما يلي:

- (أ) تدابير الضوابط الهندسية المطلوبة للأمان؛
- (ب) الإجراءات التي ينبغي أن يتبناها المصورون الإشعاعيون (القواعد المحلية)؛
- (ج) متطلبات وإجراءات تصميم المناطق الخاضعة للرقابة والمناطق الخاضعة للإشراف؛
- (د) أي متطلبات لوقاية الجمهور؛
- (هـ) معلومات عن الحوادث التي من المعقول توقعها، بما في ذلك التدابير المطلوبة للتقليل إلى أدنى حد من احتمالات وقوع تلك الحوادث، ومعدات الطوارئ اللازمة؛

(و) معلومات عن الإجراءات التي ينبغي اتخاذها للحد من تعرض الأفراد ولحماية البيئة في حال وقوع حادث (بما في ذلك خطط الاستعداد للطوارئ).

استعراض تقييم الأمان

٣-٦- ينبغي استعراض تقييم الأمان حينما ينطبق أي من العوامل التالية:

- (أ) إذا كان تعديل المرافق أو الإجراءات أو حيازة مصادر إشعاعية جديدة أو مصادر مختلفة في خصائصها الإشعاعية يمكن أن يضر أو يخل بالأمان.
- (ب) إذا تبين من الخبرة التشغيلية أو إذا كشف التحقيق في حالات الطوارئ أو الحوادث أو حالات الأعطال أو الأخطاء أن تدابير الأمان المتخذة بالفعل غير صالحة أو غير فعالة على النحو الأكمل.
- (ج) إذا أجريت أو إذا كان هناك تصور لإجراء أي تغييرات ملموسة على الخطوط التوجيهية أو المعايير أو اللوائح ذات الصلة.

٤- برنامج الوقاية الإشعاعية

الأهداف والنطاق

٤-١- يشكل برنامج الوقاية الإشعاعية أحد العوامل الرئيسية المتصلة ببناء ورعاية ثقافة للأمان في المنظمة [٧]، وينبغي أن يفي بالمتطلبات الرقابية. وينبغي أن يغطي برنامج الوقاية الإشعاعية هيكل إدارة المنظمة المشغلة، وسياساتها، ومسؤولياتها، وإجراءاتها، وترتيباتها التنظيمية التي تهدف جميعاً إلى مراقبة الأخطار الإشعاعية واتخاذ التدابير المثلى للوقاية من الإشعاع، ومنع أو تقليص التعرض، والتخفيف من عواقب الحوادث.

٤-٢- وينبغي تصميم برنامج الوقاية الإشعاعية وتحديد نطاقه بما يناسب احتياجات المنظمة المشغلة. وينبغي أن يعبر البرنامج عن التعقيدات والأخطار المصاحبة للأنشطة المزمع إجراؤها لأغراض التصوير الإشعاعي. وينبغي أن يستند البرنامج إلى تقييم الأمان الذي تجريه المنظمة المشغلة، وأن يعالج حالات التعرض المخططة وحالات التعرض المحتملة.

٤-٣- وتمثل عناصر برنامج الوقاية الإشعاعية المبيّنة هنا عمليات التصوير الإشعاعي الروتينية التي تستخدم فيها مصادر الأشعة السينية وأشعة غاما. وينبغي أن تراعي المنظمات المشغلة أي تدابير وأي برامج إضافية لازمة لمعالجة الأخطار الفريدة أو غير العادية في أماكن العمل.

الهيكل والمحتوى

٤-٤ - ينبغي أن يغطي برنامج الوقاية الإشعاعية العناصر الرئيسية التي تساهم في الوقاية والأمان. وينبغي توثيق هيكل ومحتوى البرنامج بالقدر المناسب من التفاصيل. وينبغي أن تشمل العناصر الأساسية في برنامج الوقاية الإشعاعية ما يلي:

- (أ) هيكل وسياسات الإدارة؛
- (ب) تحديد المسؤوليات الفردية عن الأمان الإشعاعي؛
- (ج) برنامج تثقيفي وتدريبى على طبيعة الأخطار الإشعاعية، والوقاية والأمان؛
- (د) القواعد المحلية والإشراف؛
- (هـ) تعيين مواقع المناطق الخاضعة للرقابة أو المناطق الخاضعة للإشراف؛
- (و) ترتيبات رصد العاملين وأماكن العمل، بما في ذلك حيازة وصيانة أدوات الوقاية من الإشعاع؛
- (ز) برنامج للمراقبة الصحية؛
- (ح) نظام لتسجيل وتبليغ جميع المعلومات ذات الصلة والمتعلقة بمراقبة التعرضات، والقرارات الخاصة بتدابير الوقاية الإشعاعية المهنية والأمان، ورصد الأفراد؛
- (ط) خطط التأهب للطوارئ؛
- (ي) أساليب استعراض ومراجعة أداء برنامج الوقاية الإشعاعية دورياً؛
- (ك) ضمان الجودة وتحسين العمليات.

٤-٥ - وهذه العناصر التي يتألف منها برنامج الوقاية الإشعاعية وتتناولها الفقرات التالية باستفاضة أكبر، يمكن إدراجها في وثيقة واحدة أو في سلسلة من الوثائق، تبعاً لحجم وتعقد العمليات.

هيكل وسياسات الإدارة

٤-٦ - ينبغي أن يشمل برنامج الوقاية الإشعاعية وصفاً لهيكل الإدارة من حيث ارتباطه بالأمان الإشعاعي. وهذا الهيكل الذي يمكن عرضه في شكل مخطط تنظيمي ينبغي أن يبين أسماء كبار المديرين المسؤولين عن الأمان الإشعاعي، وأسماء مختلف الأشخاص الذين تقع عليهم مسؤولية أداء الواجبات (مثل مسؤول الوقاية الإشعاعية). وينبغي أن يبين المخطط بوضوح التسلسل الإداري من المصور الإشعاعي حتى المدير الأقدم المكلف بالمسؤولية الشاملة. وإذا كان للمنظمة المشغلة أكثر من موقع للعمليات، ينبغي أن يحدد هيكل الإدارة بوضوح الأشخاص المسؤولين في كل موقع.

٤-٧ - وينبغي أن يشمل برنامج الوقاية الإشعاعية سياسات الشركة بشأن الأمان الإشعاعي، وأن يتضمن التزاماً من الإدارة بإبقاء الجرعات الإشعاعية عند أدنى حد معقول، والالتزام بتشجيع ثقافة الأمان.

تحديد المسؤوليات عن الأمان الإشعاعي

٤-٨- ينبغي تحديد المسؤوليات المتعلقة بالأمان الإشعاعي بحيث تغطي المصادر على مدى عمرها كله من بداية إعداد طلبات شرائها واستلامها، واستخدامها وتخزينها، حتى إعادتها في نهاية المطاف إلى المورد (الاعتبارات الأخرى الممكنة في نهاية عمرها). وينبغي أن تشمل المناصب التي توزع عليها المسؤوليات كبار مديري المنظمة المشغلة (التي تقع عليها المسؤولية الأولى عن الأمان)، ومسؤول الوقاية الإشعاعية، والخبير المؤهل، والمصورين الإشعاعيين والعاملين الآخرين، على النحو المبين في القسم ٢.

٤-٩- وفي حالة المنظمات المشغلة التي تُجري أعمال تصوير إشعاعي في مبنى العميل، تقع المسؤولية عن الامتثال لبعض متطلبات الأمان (مثل توفير المعلومات المتعلقة بأخطار الموقع ومتطلبات الأمان)، عند الاقتضاء، على شركة العميل وليس على المنظمة المشغلة. وينبغي أن يتولى شخص واحد على الأقل من المنظمة التي تتولى إجراء التصوير الإشعاعي الصناعي المسؤولية عن الاتصال بالعميل. وينبغي أن تشمل عملية الاتصال تحديد أي أخطار في الموقع، ومناقشة القواعد المحلية، وتبادل المعلومات المتعلقة بالأمان.

برنامج التثقيف والتدريب

٤-١٠- ينبغي أن يبين برنامج الوقاية الإشعاعية كل نطاق برنامج التدريب على الوقاية والأمان لكل الموظفين المعنيين مباشرة بالأنشطة الروتينية التي تنطوي عليها أعمال التصوير الإشعاعي وعمليات الطوارئ (انظر القسم ٥). وينبغي أن يشمل ذلك برنامجاً يكون الغرض منه تقديم 'توعية' إشعاعية للموظفين الآخرين حسب الاقتضاء. ويشمل الموظفون الآخرون المديرين، والمصورين الإشعاعيين، والمتدربين، والعاملين، مثل عمال النظافة وموظفي الصيانة الذين قد يتعرضون دون قصد، والمتعهدين. وينبغي أن يحدد برنامج الوقاية الإشعاعية الحد الأدنى للمؤهلات التعليمية والمهنية لكل الموظفين المعنيين، وبخاصة مسؤول الوقاية الإشعاعية والمصورون الإشعاعيون ومساعدوهم، وفقاً للمتطلبات الرقابية.

٤-١١- وينبغي أن تتفق متطلبات حفظ سجلات التدريب مع المتطلبات والتوصيات الرقابية، وينبغي تحديدها في برنامج الوقاية الإشعاعية.

القواعد المحلية والإشراف

٤-١٢- ينبغي وضع قواعد محلية تبين إجراءات التصوير الإشعاعي، وينبغي كتابتها بلغة معروفة للأشخاص الذين يتعين عليهم اتباعها. وينبغي أن تغطي هذه القواعد المحلية كل الإجراءات المتصلة بأعمال التصوير الإشعاعي التي يمكن أن يحدث فيها تعرض

إشعاعي، مثل العمليات الروتينية، وتبادل المصادر ونقلها (انظر القسمين ١٠ و ١١). وتشكل القواعد المحلية أداة مهمة في الحد من الجرعات الإشعاعية. وينبغي أن تشمل تلك القواعد معلومات كافية وإرشادات تسمح للمصورين الإشعاعيين والعاملين الآخرين بأداء واجباتهم بأمان ووفقاً للمتطلبات الرقابية.

٤-١٣ - وينبغي أن تتأكد الإدارة من أن كل الأشخاص المعنيين قد قرأوا وفهموا القواعد المحلية. وينبغي توزيع نسخة على كل المصورين الإشعاعيين والأشخاص المعنيين الآخرين، وينبغي إتاحة نسخ إضافية في منطقة العمل. وقد يكون من الملائم للمنظمات الصغيرة التي تجري قديراً محدوداً من أعمال التصوير الإشعاعي أن يكون لديها مجموعة واحدة من القواعد المحلية التي تغطي جميع الإجراءات.

٤-١٤ - وقد يكون من الملائم في المنظمات الكبيرة أن تكون لديها عدة مجموعات من قواعد محلية محددة. ويمكن أن تشمل تلك المجموعات إجراءات تنفيذ أعمال التصوير الإشعاعي في حظائر التصوير الإشعاعي المدرجة^٣، وإجراءات التصوير الإشعاعي في مواقع خارجية، وإجراءات تبادل مصادر أشعة غاما. وقد تشترط أيضاً بعض المنظمات المتلقية للخدمات قواعد محلية محددة تغطي أعمال التصوير الإشعاعي في مبانيها.

٤-١٥ - وينبغي للمنظمة المشغلة أن تعين موظفاً واحداً على الأقل يكون مسؤولاً عن الوقاية الإشعاعية للإشراف على التنفيذ اليومي لبرنامج الوقاية الإشعاعية وأداء الواجبات حسب ما يقتضيه البرنامج. ويُفصل القسم ٢ واجبات مسؤول الوقاية الإشعاعية.

تعيين مواقع المناطق الخاضعة للرقابة والمناطق الخاضعة للإشراف

٤-١٦ - ينبغي أن يبين برنامج الوقاية الإشعاعية كيفية تعيين المناطق الخاضعة للرقابة^٤ والمناطق الخاضعة للإشراف^٥ عند إجراء تصوير إشعاعي صناعي. وينبغي استخدام المناطق الخاضعة للرقابة للحد من التعرض في أعمال التصوير الإشعاعي الصناعي. وينبغي في بعض الأحيان استخدام مناطق خاضعة للإشراف، لا سيما حول مرافق

^٣ حظائر التصوير الإشعاعي المدرجة يشار إليها فيما بعد باسم 'الحظائر المدرجة'.

^٤ المنطقة الخاضعة للرقابة هي منطقة محددة يُشترط، أو قد يُشترط، أن تفرض فيها تدابير وقاية وترتيبات أمان محددة من أجل: (أ) التحكم في حالات التعرض العادي أو لمنع انتشار التلوث أثناء ظروف العمل العادية أو منع انتشار التلوث في أثناء ظروف العمل العادية؛ (ب) منع حدوث حالات التعرض الممكن أو الحد من مدى تلك الحالات.

^٥ المنطقة الخاضعة للإشراف هي منطقة محددة لا تصنف باعتبارها منطقة خاضعة للرقابة ولكن تبقى فيها ظروف التعرض المهني خاضعة للاستعراض، رغم أنه لا يلزم فيها عادة اتخاذ تدابير وقاية أو ترتيبات أمان محددة.

التصوير الإشعاعي الثابتة. وينبغي تحديد تلك المناطق استناداً إلى تقييم الأمان ومعدلات الجرعات التي يتم قياسها. وينبغي توفير إرشادات بشأن تجهيز المناطق الخاضعة للرقابة، وبخاصة لأعمال التصوير الإشعاعي (انظر القسمين ١٠ و ١١).

برنامج رصد أماكن العمل

٤-١٧- ينبغي أن يبين برنامج الوقاية الإشعاعية برنامج اختيار ومعايرة وصيانة واختبار معدات قياس معدلات الجرعات الإشعاعية. وينبغي تحديد برنامج يُستخدم روتينياً في معدات الرصد. وينبغي أن يوفر البرنامج معلومات عن الوتيرة اللازمة لإجراء قياسات معدلات الجرعات حول المرافق الثابتة، وإجراءات الرصد التي ينبغي اتباعها عند إجراء تصوير إشعاعي في مواقع خارجية، والتفاصيل التي يتعين تسجيلها، والمدة الزمنية التي ينبغي الاحتفاظ فيها بتلك السجلات.

٤-١٨- وينبغي أن ينص برنامج الوقاية الإشعاعية على توفير العدد الكافي من أجهزة الرصد الإشعاعي المناسبة للمصورين الإشعاعيين. وأقل عدد لأجهزة الرصد الإشعاعي عند إجراء تصوير إشعاعي في مواقع خارجية هو جهاز واحد لقياس معدل الجرعة لكل مصدر يجري استخدامه، وإن كان يفضل جهاز لقياس معدل الجرعة لكل مصور إشعاعي (انظر القسم ٧).

٤-١٩- وينبغي أن يشمل برنامج الوقاية الإشعاعية مستويات مرجعية لمعدلات الجرعات. وتمثل هذه المستويات المرجعية الحد الأقصى لمعدلات الجرعة المقبولة في أثناء إجراء مهام محددة، مثل المهام التي يتم إجراؤها عند حواجز المناطق الخاضعة للرقابة خلال أعمال التصوير الإشعاعي في مواقع خارجية وفي موقع المشغل. وينبغي أن تتفق تلك المستويات المرجعية مع المتطلبات الرقابية والإرشادات.

ترتيبات رصد الجرعات الفردية

٤-٢٠- ينبغي أن يحدد برنامج الوقاية الإشعاعية أنواع مقاييس الجرعات التي يستخدمها العاملون، ومدة استخدامها، وترتيبات تقييم مقاييس الجرعات، وحفظ سجلات الجرعات. وينبغي أن ينص برنامج الوقاية الإشعاعية أيضاً على حصول مقدّم خدمات قياس الجرعات على الموافقات أو الاعتمادات اللازمة. وينبغي أن يستعرض مسؤول الوقاية الإشعاعية سجلات الجرعات دورياً لتحديد الجرعات التي قد تكون أعلى من المعتاد (انظر القسم ٦)، واستعراض ما إذا كانت الجرعات عند أدنى حد معقول.

برنامج المراقبة الصحية

٤-٢١- ينبغي أن يشمل برنامج الوقاية الإشعاعية تفاصيل عن برنامج المراقبة الصحية الدورية للمصورين الإشعاعيين والعاملين الآخرين حسب الاقتضاء. وينبغي أن يشمل

ذلك شرطاً يقضي بتقييم اللياقة الابتدائية والمستمرة للعاملين بالنسبة للمهام المكلفين بها. وينبغي استشارة خبير مؤهل و/أو طبيب يتمتع بمؤهلات مناسبة عند وضع برنامج المراقبة الصحية، وينبغي أن يتفق البرنامج مع المتطلبات الرقابية.

خطط التأهب للطوارئ

٤-٢٢- ينبغي أن يشمل برنامج الوقاية الإشعاعية خططاً للتأهب للطوارئ والتصدي لها لتنفيذها في حالة وقوع أي طارئ. وينبغي أن تغطي الخطط كل حالات الطوارئ التي من المعقول توقعها. ويتضمن القسم ١٣ إرشادات بشأن التأهب للطوارئ.

استعراض ومراجعة أداء برنامج الوقاية الإشعاعية دورياً

٤-٢٣- ينبغي أن يشكل تقييم برنامج الوقاية الإشعاعية وتقييم تنفيذه جزءاً لا يتجزأ من نظام الإدارة في المنظمة المشغلة. وينبغي أن يحدد هذا الاستعراض الدوري المشاكل التي يتعين معالجتها وأي تعديلات يمكن إدخالها لتحسين فعالية برنامج الوقاية الإشعاعية.

٤-٢٤- ومن العناصر الرئيسية في عملية الاستعراض الدوري إجراء سلسلة روتينية من عمليات مراجعة أماكن العمل، بما في ذلك تعيين وتحديد مؤهلات الأشخاص الذين سيقومون بإجراء عمليات المراجعة، ووثيرة إجراءاتها، وتوقعات فريق المراجعة، والتبليغ عن النتائج ومتابعتها.

ضمان الجودة وتحسين العمليات

٤-٢٥- ينبغي إجراء أعمال التصوير الإشعاعي الصناعي وما يصاحبها من أنشطة وفقاً لنظام الإدارة المحدد. وينبغي تصميم نظام الإدارة بما يكفل التحقق من جميع المعدات ونظم الأمان واختبارها بانتظام، ولفت انتباه الإدارة إلى أي أعطال أو قصور، ومعالجة ذلك فوراً.

٤-٢٦- وينبغي أن تتأكد الإدارة أيضاً من اتباع الإجراءات التشغيلية السليمة، ومن أن برنامج ضمان الجودة يحدد عمليات الفحص والمراجعة المطلوب إجراؤها والسجلات التي ينبغي حفظها. وينبغي مراعاة وتسجيل المتطلبات الرقابية ذات الصلة في محتوى وتفصيل برنامج ضمان الجودة.

٤-٢٧- وينبغي أن يشمل نظام الإدارة آلية لجمع الدروس المستفادة من حالات الطوارئ والحوادث (بما في ذلك الدروس المستخلصة من تقارير المنظمة والتقارير الخارجية) وإبداء الرأي بشأنها، وكيفية الاستفادة من تلك الدروس في تحسين الأمان.

سجلات تقييم الأمان

٤-٢٨- يشكل تقييم الأمان القاعدة الرئيسية التي يستند إليها برنامج الوقاية الإشعاعية، ويحدد تقييم الأمان طبيعة ومدى الأخطار الإشعاعية التي من المحتمل مواجهتها خلال عمليات التصوير الإشعاعي الصناعي. وينبغي أن يشكل تقرير تقييم الأمان جزءاً لا يتجزأ من وثائق برنامج الوقاية الإشعاعية.

لجنة الأمان الإشعاعي

٤-٢٩- ينبغي تكوين لجنة أمان إشعاعي في الشركات المتوسطة والكبيرة لاستعراض أداء برنامج الوقاية الإشعاعية بانتظام. ويمكن أن تختص هذه اللجنة بالأمان الإشعاعي أو يمكن تكليفها بمسؤوليات أخرى (تقليدية) متصلة بالأمان. وينبغي أن تشمل اللجنة كبير المديرين (كبار المديرين) المسؤول (المسؤولين) عن الأمان الإشعاعي، ومسؤول (مسؤولي) الوقاية الإشعاعية، والمصور الإشعاعي (المصورين الإشعاعيين) ، وممثلين لأماكن العمل. وينبغي أن تشمل مسؤوليات لجنة الأمان الإشعاعي على سبيل المثال لا الحصر، ما يلي:

- (أ) استعراضات منتظمة لكل جوانب برنامج الوقاية الإشعاعية؛
- (ب) استعراض الجرعات الإشعاعية المهنية وتقارير الحوادث التي يعدها مسؤول الوقاية الإشعاعية؛
- (ج) طرح توصيات بشأن التحسينات التي يمكن إدخالها على برنامج الوقاية الإشعاعية؛
- (د) تقديم إرشادات وتوجيهات بشأن أداء واجبات مسؤول الوقاية الإشعاعية؛
- (هـ) إعداد تقارير منتظمة عن مسائل الأمان الإشعاعي ذات الصلة وتوزيعها على جميع الموظفين.

٥- التدريب والتأهيل

عام

٥-١- تقع على الأشخاص القائمين بأعمال التصوير الإشعاعي الصناعي مسؤولية ضمان أداء العمل بأمان ووفقاً لكل اللوائح ومعايير الأمان ذات الصلة. وينبغي بالتالي للمنظمات المشغلة أن تتأكد من أن أعمال التصوير الإشعاعي لا يجريها سوى مصورين إشعاعيين ومساعدين مؤهلين أو معتمدين مختصين ومدربين على الوقاية والأمان.

٥-٢- وتوجد نظم معترف بها دولياً لتدريب وتأهيل المصورين الإشعاعيين الذين يستخدمون تقنيات الاختبار غير الإتلافي. وقد يشمل بعض تلك النظم تدريباً محدوداً على

الأمان الإشعاعي. وينبغي في تلك الحالة تكميل تلك النُظم بتدريب إضافي يركز تحديداً على الوقاية والأمان. ويجوز تقديم ذلك التدريب الإضافي من منظمات متخصصة في التدريب وليس عن طريق المنظمة المشغلة.

تصميم برنامج التدريب

٣-٥- يمكن الحصول على دورات تدريبية في الوقاية والأمان من مجموعة من مقدمي التدريب، بما في ذلك الكليات والجامعات ومؤسسات الوقاية الإشعاعية وخبراء التدريب الاستشاريين [١١، ١٢]. وتتصل بعض الدول أيضاً بمرفق تدريبي مركزي قد يكون مركزاً تدريبياً وطنياً أو إقليمياً مدعوماً من الوكالة. وقد تقدّم هذه المراكز التدريبية دورات للتدريب على الأمان الإشعاعي تعد خصيصاً للمختصين بالتصوير الإشعاعي الصناعي.

٤-٥- وينبغي تصنيف العاملين في التصوير الإشعاعي إلى مستويات مختلفة من الكفاءة على أساس تدريبهم وخبرتهم. وتصنّف هذه المستويات على سبيل المثال في بعض الدول إلى مساعد تصوير إشعاعي (أي متدرّب) ومصوّر إشعاعي (أي شخص مؤهل تماماً)، أو مصوّر إشعاعي من المستوى ١، ومصوّر إشعاعي من المستوى ٢. ويوجد أيضاً لدى بعض الدول مصورون إشعاعيون من المستوى ٣ يمكنهم تقديم التدريب ووضع الامتحانات وتقييم المصورين الإشعاعيين الآخرين.

٥-٥- وينبغي وضع برامج تغطي مختلف مستويات التدريب التي تقابل مسؤوليات المصور الإشعاعي. وينبغي أن يحدد برنامج التدريب معايير اجتياز الامتحانات التحريرية والعملية وكذلك الإجراءات التي ينبغي اتباعها في حال عدم اجتياز الامتحان. وينبغي أن يشمل برنامج الوقاية الإشعاعية تفاصيل البرنامج التدريبي. ويرد المزيد من تفاصيل التدريب في الفقرات التالية.

هيكل ومحتوى الدورة التدريبية

٦-٥- ينبغي تنظيم كل دورة تدريبية على أساس أهداف محددة وغايات عامة، وينبغي تصميمها بما يناسب احتياجات الجمهور المستهدف. ويمكن الحصول على معلومات عن هيكل ومحتوى الدورات التدريبية في مجال الوقاية الإشعاعية للمختصين بالتصوير الإشعاعي الصناعي من المرجعين [١١، ١٢]. وفيما يلي ملخص للعناصر الأساسية التي تشكل التدريب الأساسي على الأمان الإشعاعي للمختصين بالتصوير الإشعاعي الصناعي.

المفاهيم الأساسية والقياسات

- المفاهيم الأساسية للإشعاع؛
- كميات ووحدات الإشعاع؛
- أجهزة الكشف عن الإشعاع؛
- الآثار البيولوجية للإشعاع.

مبادئ الوقاية الإشعاعية

- نظام الوقاية الإشعاعية (التبرير، وتحقيق المستوى الأمثل، والحد من الجرعات)؛
- المتطلبات الرقابية؛
- تعيين المناطق الخاضعة للرقابة والمناطق الخاضعة للإشراف؛
- حدود الجرعات ومستويات التحقيق.

الوقاية الإشعاعية العملية

- مخرجات المصادر؛
- تأثير الزمن والمسافة والتدريع؛
- الرصد الفردي؛
- الممارسات العملية للحد من الجرعات والإبقاء عليها عند أدنى حد معقول؛
- تخزين المصادر المشعة؛
- سلامة تشغيل وصيانة معدات التصوير الإشعاعي؛
- برنامج الوقاية الإشعاعية؛
- القواعد المحلية؛
- خطط الطوارئ؛
- إدارة الوقاية الإشعاعية؛
- نقل المصادر المشعة؛
- الاعتبارات المتعلقة باضمحلال المصادر في نهاية عمرها؛
- الحوادث والأحداث التي تنطوي على مصادر تصوير إشعاعي وعواقبها والدروس المستفادة منها؛
- التأهب للطوارئ والتصدي لها.

٧-٥- وينبغي أن يوفر التدريب تمارين عملية تشمل التدريب على خطط الطوارئ (انظر القسم ١٣)، مثل خطط التدريب على استعادة مصدر محشور. على أنه ينبغي ألا

تستخدم المصادر المشعة بأي حال من الأحوال في تلك التمارين. وتتاح أجهزة تدريبية تبث ترددات راديوية لحفز المصادر المشعة التي يمكن اكتشافها باستخدام كواشف راديوية مصممة خصيصاً في شكل أجهزة لقياس معدلات الجرعات. ويمكن بدلاً من ذلك استخدام مصادر 'وهمية' تشبه 'ضفيرة' مصدر التصوير الإشعاعي ولكنها ليست مشعة.

التدريب التنشيطي

٨-٥- ينبغي أن يتأكد العاملون في التصوير الإشعاعي من أن درايتهم ومهاراتهم مواكبة لآخر التطورات من خلال برنامج تدريبي لتجديد المعلومات. وينبغي أن يشمل ذلك التدريب استعراضاً لأسس الوقاية والأمان، ومعلومات عن التغييرات التي تطرأ على المعدات والسياسات والإجراءات، والتغييرات الممكنة في المتطلبات الرقابية.

٩-٥- وينبغي أن تتسق وتيرة التدريب التجديدي مع المتطلبات الرقابية. ويقدم التدريب التجديدي عموماً على فترات تقل عن سنتين، على ألا تتجاوز خمس سنوات. ويمكن أن يقترن ذلك التدريب بتدريب تجديدي آخر على تقنيات التصوير الإشعاعي، ويمكن منح شهادة تفيد باجتياز التدريب. على أنه ينبغي نشر التغييرات التي تطرأ على اللوائح أو الإشعارات المتعلقة بمسائل الأمان في شكل تعليمات خطية في أسرع وقت ممكن عملياً، ومتابعتها بعد ذلك من خلال إدراجها في تدريب لتجديد المعلومات.

٦- الرصد الفردي للعاملين

تقييم الجرعات الفردية

٦-١- ينبغي أن تكفل المنظمات المشغلة إجراء تقييم منتظم للجرعات الإشعاعية التي يتلقاها العاملون في التصوير الإشعاعي لضمان بقائها عند أدنى حد معقول وعدم تجاوزها حدود الجرعات. ويمكن التركيز أيضاً في تقييم الجرعات على ممارسات العمل السليمة أو السيئة، أو أعطال المعدات، أو تآكل التدرّيع أو تدهور نظم الأمان الهندسية.

٦-٢- وينبغي أن تتخذ المنظمات المشغلة ترتيبات مع أحد مقدمي خدمات قياس الجرعات لتوفير مقاييس الجرعات المناسبة للعاملين بغرض حفظ سجلات رسمية للجرعات. وينبغي أن تُحمل مقاييس الجرعات مع جميع المصورين الإشعاعيين والمساعدين وأي عاملين آخرين قد يلزمهم بانتظام دخول المناطق الخاضعة للرقابة، وكذلك المناطق الخاضعة للإشراف إذا اقتضت اللوائح الوطنية ذلك. ويمكن لمقاييس الجرعات أن توفر أيضاً بيانات مفيدة في حالة وقوع طارئ أو حادث.

٦-٣- ويشيع استخدام مقاييس الجرعات بالوميض الحراري وأفلام قياس الجرعات. ويشمل كلا النوعين عنصراً سلبياً لتسجيل التعرض الإشعاعي يعالج بعد ذلك في مختبر

متخصص في قياس الجرعات لتقييم الجرعة. ومن أنواع مقاييس الجرعات الأخرى مقياس الجرعات الشخصية الإلكتروني الذي يستخدم مكشاف الحالة الصلبة للحصول فوراً على قراءة للجرعة الإشعاعية (ومعدل الجرعة أيضاً في بعض الأحيان). ويمثل مقياس الجرعات الشخصية الإلكتروني في بعض الدول وفي بعض الحالات بديلاً معتمداً يحل محل مقياس الجرعات بالوميض الحراري أو مقياس الجرعات بالأفلام.

٤-٦ - ويقيم مسؤول الوقاية الإشعاعية الاختيار النهائي لنوع جهاز قياس الجرعات المستخدم في التصوير الإشعاعي، وربما بالتعاون مع خبير مؤهل في قياس الجرعات الإشعاعية. وبالإضافة إلى الحاجة إلى استيفاء مختلف المتطلبات التقنية، قد يتأثر اختيار جهاز قياس الجرعات أيضاً بمدى توفر تلك الأجهزة وتكلفتها ودقتها وكذلك المتطلبات الرقابية.

٥-٦ - وينبغي الالتزام بالخطوط التوجيهية التالية لضمان الحصول من جهاز قياس الجرعات على تقييم دقيق للجرعة التي يتلقاها المصور الإشعاعي:

- (أ) ينبغي للعاملين في التصوير الإشعاعي حمل مقاييس الجرعات في كل الأوقات التي يقومون فيها بإجراء أي أعمال باستخدام الإشعاع. وقد يلزم توفير أجهزة إضافية لقياس الجرعات عند إجراء تصوير إشعاعي في مرافق ينشأ فيها تعرض لمصادر إشعاعية إضافية، مثل محطات القوى النووية.
- (ب) ينبغي حمل مقاييس الجرعات وفقاً لتوصيات مقدم خدمة قياس الجرعات.
- (ج) ينبغي عند استخدام الأجهزة التي تقيس الجرعات بالوميض الحراري وأجهزة قياس الجرعات بالأفلام وضع جهاز القياس بشكل صحيح في حامل الجهاز.
- (د) ينبغي ألا يحمل مقياس الجرعات إلا الشخص الذي يصدر الجهاز باسمه.
- (هـ) تتسم مقاييس الجرعات بحساسيتها، ولذلك ينبغي الحرص على تلافي إحداث أي أضرار بعنصر القياس في الجهاز (يمكن أن تتعرض مقاييس الجرعات للتلوث بسبب المياه ودرجات الحرارة المرتفعة والضغط المرتفع والارتطام بجسم مادي).
- (و) ينبغي عدم تعريض مقياس الجرعة للإشعاع في حال عدم استخدامه (ينبغي تخزين الجهاز في منطقة بعيدة عن مصادر الإشعاع).
- (ز) ينبغي أن يعالج مقدم خدمات قياس الجرعات فوراً أجهزة قياس الجرعات بالوميض الحراري ومقاييس الجرعات بالأفلام في نهاية فترة استخدامها.
- (ح) ينبغي تبليغ مقدم خدمات قياس الجرعات إذا كانت المنظمة المشغلة تشبه بحدوث تلف في جهاز قياس الجرعات أو تعرضه للإشعاع في أثناء عدم ارتدائه.

أجهزة الرصد الشخصي المزودة بإنذار

٦-٦ - أجهزة الرصد الشخصي المزودة بإنذار هي كواشف إشعاعية إلكترونية تصدر إشارات تحذيرية في حال تجاوز الجرعة المحددة سلفاً و/أو معدل الجرعة. وهذه المعدات قد تكون أجهزة متخصصة، أو قد يزود مقياس الجرعات 'القانوني' عادة في حالة مقاييس الجرعات الشخصية الإلكترونية بإشارة إنذار. وتصدر إشارة الإنذار عادة في شكل تنبيه مسموع، وإن كان من الممكن أيضاً تكميله بذبذبات أو إشارات مرئية (قد تكون مفيدة إذا كان مستوى الضوضاء المحيطة مرتفعاً و/أو في حالة ارتداء واقيات للأذن أو معدات أمان أخرى).

٦-٧ - ويمكن أن تساعد هذه المعلومات الإضافية على إبقاء الجرعات الإشعاعية عند أدنى حد معقول. وقد تساعد أيضاً في تنبيه المصورين الإشعاعيين بحدوث مشاكل، وبالتالي منع وقوع حالات طوارئ وحوادث أو التخفيف من حدتها. ولذلك ينبغي للمنظمات المشغلة توفير أجهزة رصد شخصية مزودة بإنذار لكل المصورين الإشعاعيين والمساعدين، وبخاصة في حالات التصوير بأشعة غاما.

٦-٨ - وتشمل الاعتبارات المهمة المتعلقة باستخدام أجهزة الرصد الشخصية المزودة بإنذار ما يلي:

- (أ) ينبغي ألا تستخدم أجهزة الرصد الشخصية المزودة بإنذار إلا لكي تكمل مقاييس الجرعات بالوميض الحراري أو أفلام قياس الجرعات وليس لكي تحل محلها.
- (ب) ينبغي ألا يُستعاض بأجهزة الرصد الشخصية المزودة بإنذار عن أجهزة مسح معدلات الجرعات (انظر الفقرة ٦-٤٤).
- (ج) ينبغي اختبار أجهزة الرصد الشخصية المزودة بإنذار دورياً وفقاً للتوصيات الوطنية و/أو إرشادات الشركة المصنعة.

٦-٩ - وتعطي أيضاً بعض أجهزة الرصد الشخصية المزودة بإنذار قراءة عددية للجرعة و/أو معدل الجرعة بالإضافة إلى إصدار تنبيه صوتي أو مرئي.

مقاييس الجرعات ذات القراءة المباشرة

٦-١٠ - تعطي مقاييس الجرعات ذات القراءة المباشرة قراءة فورية للجرعة التي يتم تلقيها. ويمكن أن تساعد تلك الأجهزة كثيراً في الحد من التعرضات في أعمال التصوير الإشعاعي الصناعي، وبخاصة عند أداء مهام محددة. وينبغي أن توفر المنظمة المشغلة مقاييس الجرعات ذات القراءة المباشرة، وينبغي اختبارها وفقاً لتعليمات الشركة المصنعة.

٦-١١ - ومكشاف ألياف الكوارتز الكهربائي الذي يبين الجرعة المترجمة من خلال انحراف ليفة مشحونة كهربائياً على مقياس مدرّج هو نوع بسيط من مقاييس الجرعات ذات القراءة المباشرة. وظل هذا المكشاف يستخدم على نطاق واسع لعدة سنوات، ولكن حلت محله الآن إلى حد كبير مقاييس الجرعات الإلكترونية الحديثة ذات القراءة المباشرة.

٦-١٢ - وقد تشمل مقاييس الجرعات الإلكترونية ذات القراءة المباشرة خاصية التنبيه الصوتي و/أو المرئي للتحذير من تجاوز الجرعة المحددة سلفاً أو معدل الجرعة. ويساعد ذلك أيضاً على استخدامها كأجهزة رصد شخصي مزوّدة بإنذار.

٦-١٣ - ويمكن أيضاً استخدام بعض أنواع خاصة من مقاييس الجرعات الإلكترونية المباشرة القراءة (مثل مقياس الجرعة الشخصي الإلكتروني) بدلاً من مقاييس الجرعات بالوميض الحراري أو الأفلام باعتبارها المقياس الرئيسي المستخدم في 'حفظ السجلات' للأغراض القانونية على الرغم من أن ذلك يتوقف على المتطلبات الرقابية.

٦-١٤ - وعلى غرار أجهزة الرصد الشخصي المزوّدة بإنذار، تصمم مقاييس الجرعات الشخصية الإلكترونية وتعايير لقياس الجرعات الشخصية وليس لقياس معدلات جرعات أماكن العمل، وبالتالي ينبغي ألا تستخدم كبديل عن أجهزة المسح الإشعاعي لمكان العمل.

حفظ السجلات

٦-١٥ - ينبغي أن تحتفظ المنظمة المشغلة بسجلات الجرعات التي يتلقاها المصورون الإشعاعيون وأي أشخاص آخرون يدخلون بانتظام إلى المناطق الخاضعة للرقابة وكذلك المناطق الخاضعة للإشراف عندما تقتضي اللوائح الوطنية ذلك. وينبغي أن تتضمن تلك السجلات تفاصيل عن الجرعات التي تسجلها مقاييس الجرعات التي يحملها العاملون. وينبغي أن تحدد بوضوح أي جرعات يتم تلقيها في أثناء الحوادث أو عند اتباع إجراءات الطوارئ تمييزاً لها عن الجرعات التي يتم تلقيها في أثناء العمل الروتيني. وتهتم هذه السجلات في العادة بالجرعات المسجلة في مقاييس الجرعات الفردية الأساسية للعاملين، ولا تستخدم عادة لتسجيل الجرعات التي تقاس بأجهزة أخرى، مثل مكشاف ألياف الكوارتز الكهربائي ومقاييس الجرعات ذات القراءة المباشرة.

٦-١٦ - وينبغي إبلاغ المصورين الإشعاعيين والعاملين الآخرين الذين يخضعون لرصد فردي بجرعاتهم الشخصية. وينبغي للمنظمة المشغلة أن تتخذ أيضاً ترتيبات لإتاحة السجلات لمسؤول الوقاية الإشعاعية، وكذلك عند الاقتضاء للطبيب المسؤول عن برنامج المراقبة الصحية وللهيئة الرقابية.

٦-١٧- وينبغي للمنظمة المشغّلة عندما يغيّر العامل وظيفته أو يتركها أن تزوّده هو وجهة عمله الجديدة بملخص لسجلات جرعاته. وعندما يتوقف العامل عن إجراء أعمال التصوير الإشعاعي أو عندما يترك المنظمة ولا يبدأ العمل في التصوير الإشعاعي مع جهة أخرى، ينبغي للمنظمة المشغّلة اتخاذ ترتيبات لحفظ سجلات جرعات العامل سواءً في المنظمة المشغّلة نفسها أو في هيئة أخرى حسب ما تنص عليه اللوائح الوطنية.

٦-١٨- ويمكن للمتطلبات الرقابية أن تحدد مدة حفظ سجلات جرعات كل عامل، وذلك مثلاً لحين بلوغه سن الخامسة والسبعين، على ألا تقل المدة عن ٣٠ عاماً بعد انتهاء عمله في الإشعاع. واستيفاءً لمتطلبات حفظ السجلات، ينبغي للمنظمة المشغّلة أن تكفل الحفاظ على سرية السجلات.

تقصي الجرعات

٦-١٩- ينبغي أن تجري المنظمة المشغّلة تحقيقاً إذا تجاوزت الجرعة التي يتلقاها المصور الإشعاعي أو أي عامل آخر أو أي فرد من الجمهور أي حد من حدود الجرعات أو مستويات التقصي التي تحددها الهيئة الرقابية أو المنظمة المشغّلة. وينبغي أن يركز التحقيق على أسباب الحادث يسفر عن التعرض الزائد، وأي قصور في الإجراءات أو نظم الأمان يكون قد ساهم في وقوع الحادث. وينبغي أن يحدد تقرير التقصي أي تحسينات مكن إدخالها على الإجراءات أو المرافق لتحقيق المستوى الأمثل من الحماية والحد من احتمالات وقوع أحداث مماثلة، و/أو التخفيف من حدة العواقب.

المراقبة الصحية

٦-٢٠- ينبغي أن تتخذ المنظمة المشغّلة ترتيبات لمراقبة الحالة الصحية للعاملين المعنيين وفقاً للمتطلبات الرقابية. وينبغي إجراء مراقبة صحية أولية لتقييم ما إذا كان العامل يتمتع بالمستوى الكافي من اللياقة اللازمة لأداء المهام المكلف بها، وكذلك تقييم مدى ملاءمة حالته النفسية لإجراء أعمال تستخدم فيها مصادر إشعاعية. وينبغي أيضاً تقييم حالته الصحية دورياً للتأكد من أنها مرضية.

٧- رصد مكان العمل

برنامج الرصد

٧-١- ينبغي أن تضع المنظمة المشغّلة برنامجاً لرصد مستويات الإشعاع في مكان العمل وحوله [٣ ١]. وينبغي أن يقيّم البرنامج مدى كفاية الترتيبات المتخذة للوقاية في أعمال التصوير الإشعاعي، وينبغي أن يشمل ذلك قياس مستويات الإشعاع في المواقع التالية:

- (أ)
- عند إجراء تصوير إشعاعي في حظائر مدرعة:
- ١' حول جدران وأبواب الحظيرة (وفتحاتها الأخرى) في مجموعة من ظروف العمل من أجل ضمان الحفاظ على المستوى الملائم من التدريع؛
- ٢' عند مدخل الحظيرة بعد الانتهاء من كل تعريض في التصوير بأشعة غاما، للتأكد من عودة مصدر غاما على نحو مُرضٍ إلى جهاز التعريض أو توقف انبعاثات الأشعة السينية؛
- ٣' حول مخزن مصادر غاما لضمان توفير المستوى الكافي من التدريع.
- (ب)
- عند إجراء أعمال تصوير إشعاعي في مواقع خارجية:
- ١' حول الحواجز في أثناء اختبار التعريض (أو التعريض الأول تبعاً للظروف) للتأكد من وضع الحواجز في الأماكن السليمة؛
- ٢' في موقع المشغّل عند إخراج مصدر غاما من جهاز التعريض أو عند توصيل مولّد الأشعة السينية بالطاقة، للتأكد من عدم خروج مستويات الإشعاع عن الحدود المقبولة؛
- ٣' حول الحواجز في أثناء التعريض الروتيني للتأكد من انخفاض معدلات الجرعة عن أي قيم تحددها اللوائح الوطنية أو الإرشادات أو المنظمة المشغلة؛
- ٤' في موقع المشغّل في أثناء إدخال مصدر غاما أو إنهاء التعريض من مولّد الأشعة السينية؛
- ٥' حول جهاز التعريض بعد كل تعريض لضمان عودة المصدر تماماً إلى درعه الواقعي؛
- ٦' حول أي مخزن للمصادر داخل الموقع لضمان توفير المستوى الكافي من التدريع؛
- ٧' حول الموقع بعد الانتهاء من أعمال التصوير الإشعاعي للتأكد من عدم ترك مصادر أشعة غاما في الموقع؛
- ٨' حول المركبات المستخدمة في نقل مصادر غاما قبل التوجه إلى الموقع أو مغادرته.

٢-٧ - وينبغي أن يبين برنامج الرصد المواقع التي يتعيّن رصدها، ووتيرة الرصد، والسجلات التي ينبغي حفظها. وينبغي إدراج تلك المعلومات في القواعد المحلية، وينبغي أيضاً أن يبينها برنامج الوقاية الإشعاعية. وينبغي تحديد المستويات المرجعية لكل موقع من مواقع القياس والإجراءات التي ينبغي اتخاذها في حال تجاوز تلك القيم. وينبغي

إتاحة سجلات برنامج رصد مكان العمل للأشخاص المعنيين، بمن فيهم العاملون والهيئة الرقابية.

اختيار وصيانة ومعايرة أجهزة المسح

٣-٧- ينبغي أن تكفل المنظمات المشغلة توفير عدد كاف من أجهزة رصد معدلات الجرعات المناسبة للمصورين الإشعاعيين. وبالرغم من أن الكثير من أنواع أجهزة الرصد مناسب لقياس مستويات إشعاعات غاما فإن بعضها لا يناسب إجراء قياس دقيق للأشعة السينية المنخفضة الطاقة، وبالتالي يمكن أن ينخفض تقدير معدل الجرعة انخفاضاً كبيراً عن المعدل الصحيح. وينبغي الحصول على معلومات وإرشادات من الشركات المصنعة والخبراء المؤهلين عن مدى ملاءمة أجهزة الرصد.

٤-٧- وينبغي أن تتخذ المنظمة المشغلة ترتيبات لاختبار أجهزة الرصد الإشعاعي أو معايرتها رسمياً على فترات منتظمة في مختبر متخصص. وينبغي تقييم عدد من مواصفات تشغيل جهاز الرصد الإشعاعي في تلك الاختبارات أو في أثناء المعايرة. وتشمل تلك المواصفات استجابة الجهاز لمعدلات الجرعات المعلومة ذات المستويات المحددة من الطاقة، وخطية وسلوك جهاز الرصد مع معدلات الجرعات الشديدة الارتفاع. وينبغي أن تكون وتيرة ونوع الاختبارات أو المعايرة، إلى جانب السجلات الملائمة، مستوفية لأي متطلبات ينص عليها التشريع الوطني و/أو اللوائح أو تحددها الهيئة الرقابية. وينبغي اتباع أي توصيات تصدرها الشركة المصنعة.

٥-٧- وينبغي أن يجري المصورون الإشعاعيون ومسؤول الوقاية الإشعاعية فحوصاً تشغيلية روتينية لأجهزة الرصد الإشعاعي. ويمكن أن تشمل تلك الفحوص إجراء فحص مادي للتأكد من وجود أي عيوب بجهاز الرصد، وفحص البطارية، وتفسير المقياس. وينبغي فحص استجابة الجهاز للإشعاع قبل استخدامه وفقاً للمتطلبات الرقابية. ويمكن إجراء ذلك على سبيل المثال باستخدام مصدر اختبار منخفض النشاط، أو بوضع جهاز الرصد على مقربة من جهاز تعريض عندما يكون المصدر في درعه الواقي. وقد تقضي بعض الهيئات الرقابية بإجراء تلك الفحوص وفقاً للإجراءات الرسمية وبتسجيل النتائج.

٦-٧- وينبغي أن تراعى أيضاً الظروف البيئية التي تستخدم فيها أجهزة الرصد. ولا تصلح بعض أجهزة الرصد للاستخدام في الأماكن الشديدة الرطوبة أو المرتفعة الحرارة، كما أن بعضها ليس بالقوة التي تمكنه من تحمل كثرة الاستخدام في الموقع. وقد تستخدم أنواع خاصة من أجهزة الرصد الإشعاعي في بعض المواقع الصناعية التي تنفذ فيها أعمال تصوير إشعاعي خارجي. مثال ذلك أنه قد يتعين على المصورين الإشعاعيين في بعض مصانع المواد الكيميائية استخدام أجهزة رصد إشعاعي تقلل إلى أدنى حد من احتمالات الاشتعال العارض نتيجة للأدخنة أو الأبخرة القابلة للاشتعال في مناطق

المصنع (وتعرف هذه الأجهزة في كثير من الأحيان باسم أجهزة الرصد الآمنة بطبيعتها).

٧-٧ - ويتأثر بعض أجهزة الرصد الإشعاعي بالترددات الراديوية. وينبغي عند إجراء التصوير الإشعاعي بالقرب من معدات تصدر ترددات راديوية النظر حينئذ في استخدام أجهزة رصد إشعاعي مصممة خصيصاً في دروع تقيها من الترددات الراديوية. وينبغي أن تراعى أيضاً الضوضاء في الأمان التي تستخدم فيها تلك الأجهزة. وينبغي أن تكون إشارات التنبيه الصوتي عالية بالقدر الذي يسمح بسماعها و/أو ينبغي تكميلها بذبذبات أو إشارات مرئية.

٨- الرقابة على المصادر المشعة

٨-١ - المصادر المشعة المستخدمة في التصوير الإشعاعي الصناعي يمكن أن تتسبب، بل وتسببت بالفعل، في حوادث جسيمة [١٤-١٨]. وتدرج عموماً مصادر أشعة غاما المستخدمة في التصوير الإشعاعي الصناعي ضمن الفئة ٢ حسب تصنيف الوكالة للمصادر المشعة [١٩] (انظر التذييل). وينبغي أن تتأكد المنظمات المشعة من أن مصادر التصوير بأشعة غاما تخضع لرقابة سليمة. وينبغي أن ينطبق ذلك بمجرد حيازة المصدر لحين إعادته نهائياً إلى المورد الأصلي أو التعامل معه بأمان في نهاية فترة عمره. وتتضمن مدونة قواعد السلوك بشأن أمان المصادر المشعة وأمنها توصيات معتمدة دولياً للدول بشأن أمان وأمن مصادر الفئات ١، ٢، و ٣ [٢٠].

٨-٢ - وفيما يتعلق بأمن المصادر المشعة، تقتضي معايير الأمان الأساسية (المرجع [٢]، الفقرة ٢-٣٤) ما يلي:

”تحفظ المصادر بشكل مأمون بغرض الحيلولة دون حدوث سرقة أو ضرر، ومنع أي شخص قانوني غير مأذون له من اتخاذ أي من الإجراءات المحددة في الالتزامات العامة لتطبيق هذه المعايير (انظر الفقرات ٢-٧ — ٢-٩)، عن طريق ضمان ما يلي:

”(أ) عدم التخلي عن الرقابة على أحد المصادر دون الامتثال لجميع المتطلبات ذات الصلة على النحو المحدد في التسجيل أو الرخصة، ودون المبادرة إلى إبلاغ الهيئة الرقابية، والمنظمة الراعية ذات الصلة عند الاقتضاء، بالمعلومات المتعلقة بعدم مراقبة أي مصدر أو ضياعه أو سرقة أو فقدانه؛

”(ب) وعدم نقل أي مصدر ما لم يكن لدى المتلقي إذن صالح بذلك؛

” (ج) وإجراء جرد دوري للمصادر النقالة على فترات ملائمة للتأكد من وجودها في الأماكن المخصصة لها، ولتأمينها.“

٣-٨- وينبغي أن تضمن المنظمات المشغلة عدم الحصول على مصادر مشعة إلا من موردين مرخصين، وإعادة المصادر المهملة إلى المورد الأصلي أو نقلها إلى هيئة مرخصة أخرى. وينبغي استيراد وتصدير المصادر المشعة وفقاً للتوصيات الواردة في مدونة قواعد السلوك بشأن أمان المصادر المشعة وأمنها [٢٠] وإرشاداتها التكميلية بشأن ضوابط استيراد المصادر المشعة وتصديرها [٢١].

٤-٨- ويشترط على المنظمات المشغلة جرد المصادر دورياً للتأكد من وجودها في الأماكن المخصصة لها، ولتأمينها [٢]. وينبغي عدم نقل المصدر من مخزنه أو نقله إلى مكان آخر إلا بمعرفة مصورين إشعاعيين مرخصين ومدربين. وينبغي أن يسجل المصور الإشعاعي اسمه، والتاريخ والوقت، والتفاصيل الدقيقة عن الموقع الجديد للمصدر (المصادر). وينبغي أن يراجع مسؤول الوقاية الإشعاعية هذه السجلات مرة على الأقل شهرياً للتأكد من وجود جميع المصادر المشعة في الأماكن التي يفترض أن تكون مودعة فيها. وينبغي أن تشمل إجراءات الحصر أجهزة التعريض التي تشمل تدريباً من اليورانيوم المستنفد.

٥-٨- وينبغي أن تقوم المنظمة المشغلة فوراً بإجراء تحقيق في حال الاشتباه بفقد الرقابة على مصدر مشع، وتبليغ ذلك إلى الهيئة الرقابية (وأي سلطة أخرى تعتبر مختصة) في غضون ٢٤ ساعة أو حسب ما تنص عليه المتطلبات الرقابية.

٦-٨- وصدرت عن الوكالة إرشادات بشأن أمن المصادر المشعة ومنع الأعمال الإيدائية [٢٢].

٩- أمان مصادر التصوير الإشعاعي الصناعي وأجهزة التعريض

عام

٩-١- تتاح على المستوى التجاري مجموعة واسعة ومتنوعة من أنواع المصادر الإشعاعية وأجهزة التعريض وملحقاتها لإجراء أعمال التصوير الإشعاعي الصناعي. وينبغي الحصول على معدات التصوير الإشعاعي من مصنع معتمد ولديه نظام إدارة راسخ، مثل المعيار رقم ٩٠٠١ للمنظمة الدولية لتوحيد المقاييس [٩] أو ما يعادله من المعايير الوطنية، لضمان الاتساق في تصميم أجهزة الأمان. وينبغي أن تتأكد المنظمة المشغلة من الحصول من المورد على معلومات عن الاستخدام الآمن للمعدات. وينبغي أن تتأكد المنظمة المشغلة أيضاً من إتاحة هذه المعلومات للمستعملين بلغة معروفة لهم.

٩-٢- وينبغي أن تتأكد المنظمات المشغلة من أن المعدات المستخدمة في أغراض التصوير الإشعاعي لم تعدل دون إجراء تقييم مسبق لآثار التعديل على التصميم الأصلي وتقييم الأمان. وينبغي استعراض التقييم المسبق من جانب خبير مؤهل أو من جانب المورد، وينبغي مناقشته مع الهيئة الرقابية للبت فيما إن كانت هناك حاجة إلى تراخيص أو موافقات إضافية.

٩-٣- ويتضمن المرفق الثاني معلومات وصفية عن مختلف أنواع نُظُم التصوير الإشعاعي. وتتضمن الفقرات التالية إرشادات بشأن مسائل الأمان المتصلة بالمعدات.

مصادر التصوير وأجهزة التعريض بأشعة غاما

٩-٤- تستخدم معدات التصوير بأشعة غاما مصدراً مختوماً قوي الإشعاع في جهاز تعريض مدرّع. ويبقى المصدر داخل جهاز التعريض المدرّع في حال عدم استخدامه. ويتم تعريض المصدر من بُعد عن طريق نقله مباشرة من جهاز التعريض المدرّع (وذلك مثلاً باستخدام أسلاك الدفع والجدب) إلى أنبوب توجيه ملحق بالجهاز. ويبقى المصدر في أنبوب التوجيه في أثناء مدة التعريض المطلوبة، ويُعاد بعدها إلى داخل جهاز التعريض المدرّع.

٩-٥- وتتألف المعدات المستخدمة في التصوير بأشعة غاما في العادة من عدة مكونات، مثل آلية للتحريك من بُعد (يطلق عليها في كثير من الأحيان اسم 'ذراع التدوير') متصلة بمصدر تصوير إشعاعي (يطلق عليه في كثير من الأحيان اسم 'الضفيرة') داخل جهاز تعريض مدرّع متصل بأنبوب التوجيه. ويوجد ترابط بين تصميم وتشغيل هذه المكونات المختلفة. وينبغي عدم استخدام مكونات غير مطابقة لمواصفات التصميم الأصلي لتلافي الإخلال بالأمان.

المصادر المشعة المختومة

٩-٦- ينبغي عند إجراء أعمال تصوير بأشعة غاما ألا يستخدم المشغلون سوى المصادر المختومة التي تفي بالمعايير الدولية أو ما يعادلها من معايير وطنية حسب ما هو مبين أدناه. وتحدد هذه المعايير ظروف التشغيل العادية التي يتحملها المصدر المختوم. وينبغي ألا يستخدم في التصوير الإشعاعي الصناعي سوى المصادر المختومة التي تفي بالمعايير التالية:

(أ) ينبغي أن تكون مستوفية لمتطلبات المواد المشعة ذات الشكل الخاص حسب ما تنص عليه لائحة النقل الصادرة عن الوكالة [٢٣]؛

(ب) ينبغي أن تكون مصمّمة ومصنّعة ومختبرة لكي تفي بمتطلبات المعيار الملائم من معايير المنظمة الدولية لتوحيد المقاييس [٢٤] أو ما يعادله من معايير وطنية؛

(ج) ينبغي أن تكون قد خضعت لاختبار التسرب وفقاً للمعيار الملائم من معايير المنظمة الدولية لتوحيد المقاييس [٢٥] أو ما يعادله من معايير وطنية، وأن يكون لكل مصدر على حدة شهادة اختبار تسرب سارية الصلاحية.

٧-٩- وتشكل المصادر المختومة المستخدمة في التصوير الإشعاعي الصناعي في العادة جزءاً من مجمّع مصدر ('الضفيرة') متصل بسلك التحريك في النظم الإسقاطية. وينبغي مراعاة ما يلي في مجمّعات المصادر:

(أ) أن تكون مصمّمة ومصنّعة ومختبرة بما يضمن أنها مستوفية لمتطلبات المعيار الملائم من معايير المنظمة الدولية لتوحيد المقاييس [٢٦] أو المعيار الوطني الذي يعادله؛

(ب) أن تكون متوافقة مع حاوية التعريض والملحقات (مثل أنابيب التوجيه) ومبدلات المصادر المستخدمة معها؛

(ج) أن تكون موسومة وفقاً للمعيار رقم ٣٦١ للمنظمة الدولية لتوحيد المقاييس [٢٧] أو المعيار الوطني المعادل، أو تحمل، كحد أدنى، علامة التحذير من الإشعاع (الورقات الثلاث وعبارة 'مادة مشعة'). وينبغي أيضاً أن تحمل علامة لا تنمحي عليها الرقم المسلسل للشركة المصنّعة.

٨-٩- وينبغي أن يكون مجمّع المصدر متوافقاً مع جهاز التعريض المحدد المراد استخدامه مع المجمع. وينبغي أن يكون قد خضع أيضاً لاختبار مؤكد وفقاً للمعيار رقم ٣٩٩٩ للمنظمة الدولية لتوحيد المقاييس [٢٦] أو المعيار الوطني الذي يعادله.

٩-٩- ويوصي بعض المصنّعين بعمر عملي للمصدر المختوم. ويستند العمر العملي الموصى به إلى عدد من العوامل، بما فيها العمر النصفي للمصدر وتغليف المصدر. ويدل ذلك على المدة الزمنية التي يتوقع أن يحتفظ فيها المصدر بسلامته. ويوصى المصنّعون بالتوقف عن استخدام المصدر عندما يبلغ عمره العملي الموصى به.

٩-١٠- ويمكن بدلاً من ذلك إجراء تقييم مادي لحالة المصدر بمعرفة هيئة تتمتع بخبرة مناسبة أو خبير يتمتع بخبرة مناسبة لتأييد استمرار استخدام المصدر. ويجوز للهيئة الرقابية أن توصي بإجراء اختبارات معيّنة للبت في إمكانية استمرار استخدام المصدر بعد أن يكون قد بلغ عمره العملي الموصى به، مثل زيادة عدد مرات اختبارات التسرب أو تقييمه بمعرفة خبير مؤهل يمكنه الوصول إلى المرافق الملائمة.

أجهزة التعريض

أجهزة التعريض الإسقاطية

٩-١١- يخزّن المصدر المختوم ويستخدم في جهاز تعريض مصمّم خصيصاً لهذا الغرض ويشمل أجهزة ومواصفات أمان للحد من احتمالات وقوع خطأ بشري أو خلل في أداء الجهاز. ويتضمن المرفق الثاني وصفاً لمختلف أنواع أجهزة التعريض.

٩-١٢- وينبغي أن يمثل جهاز التعريض لمتطلبات المعيار رقم ٣٩٩٩ للمنظمة الدولية لتوحيد المقاييس [٢٦] أو ما يعادله من معايير، أو المتطلبات الوطنية. والالتزام بهذا المعيار يضمن الوفاء بالحد الأدنى من معيار الأمان وملاءمة الجهاز ومجمع المصدر للاستخدام في التصوير الإشعاعي الصناعي.

٩-١٣- وتفي أيضاً معظم أجهزة التعريض بمتطلبات طرود النقل من النوع B(U) حسب ما تنص عليه لائحة النقل الصادرة عن الوكالة [٢٣]. ويتضمن القسم ١٢ إرشادات أخرى بشأن النقل الآمن للمصادر.

أنواع أجهزة التعريض الأخرى

٩-١٤- لا تزال بعض أنواع أجهزة التعريض مستخدمة رغم أنها لا تفي بالمعيار رقم ٣٩٩٩ للمنظمة الدولية لتوحيد المقاييس [٢٦] سواءً بسبب تصميمها القديم أو تطبيقاتها الفريدة أو غير العادية. وينبغي أن تتأكد المنظمات المشغّلة من عدم استخدام تلك الأجهزة لحين إجراء تقييم للأمان يحدد ما إذا كان يلزم اتخاذ أي احتياطات أمان إضافية.

٩-١٥- وينبغي أيضاً الحصول من الهيئة الرقابية عند اللزوم على ترخيص محدد قبل استخدام تلك الأجهزة. وتشمل بعض أمثلة ذلك الأجهزة التي تعمل بضغط الهواء، وهي أجهزة تعرّض المصدر عن طريق دفعه في أنبوب توجيه باستخدام الهواء المضغوط (دون أن يكون المصدر متصلاً بأي سلك للتحكم). وعلى الرغم من أن ذلك يسفر عن انخفاض الجرعات التي يتلقاها المشغّل، يمكن خروج المصدر من جهاز التعريض حتى في الحالات التي لا يوجد فيها أنبوب التوجيه في مكانه. ويمكن أيضاً أن تتعرض تلك النظم لمشاكل مرتبطة بعودة المصدر إلى درعه الواقية.

٩-١٦- ومن أنواع نظم التعريض الأخرى التي كانت تستخدم من قبل نظام 'الكشاف اليودي'. ولا يوجد ما يبرر استخدام تلك المعدات نظراً لتعرّض المصوّرين الإشعاعيين الذين يستخدمون هذا النوع من المعدات لمستويات إشعاعية مرتفعة بصورة غير مقبولة،

ولكن يرد وصف موجز لها حرصاً على تغطية الموضوع من كافة جوانبه. ويوضع المصدر المشع في نظام الكشف اليدوي في نهاية قضيب قصير يخزن داخل جهاز التعريض. ولكي يعرض المصدر فإنه يُسحب يدوياً من جهاز التعريض (في نهاية القضيب أو الكشف اليدوي) ويوضع في فتحة تسديد الشعاع الملحقة بالجهاز.

وضع العلامات والتوسيم

١٧-٩ ينبغي وسم كل جهاز تعريض بعلامة واضحة لا تنمحي تبين التفاصيل التالية:

- (أ) الرمز الدولي للإشعاع المؤيّن (الوريفات الثلاث) [٢٧]؛
- (ب) كلمة "مادة مشعة" بأحرف لا يقل ارتفاعها عن ١٠ ملليمترات إلى جانب تحذير مقتضب بلغة مناسبة للبلد الذي يُستخدم فيه الجهاز؛
- (ج) الرمز الكيميائي (الرموز الكيميائية) والعدد الكتلي للنويّدة (النويدات) المشعّة التي يناسبها جهاز التعريض (من قبيل "الإيريديوم - ١٩٢" أو "الكوبلت - ٦٠)؛
- (د) أعلى نشاط مسموح به للمصدر في جهاز التعريض حسب ما هو محدد لكل نويّدة مشعّة يناسبها جهاز التعريض؛
- (هـ) المعيار الدولي (رقم ٣٩٩٩ للمنظمة الدولية لتوحيد المقاييس [٢٦]) أو المعيار الوطني المعادل الذي يفي به جهاز التعريض وملحقاته؛
- (و) اسم الشركة المصنّعة ورقم طراز جهاز التعريض ورقمه المسلسل؛
- (ز) كتلة تدريع اليورانيوم المستنّفد، عند الاقتضاء، أو الإشارة إلى ذلك بعبارة "يحتوي على يورانيوم مستنّفد"؛
- (ح) اسم المشعّل وعنوانه ورقم هاتفه.

١٨-٩ - وإضافة إلى ما سبق ينبغي أن توضع على جهاز التعريض علامة أو بطاقة لا تنمحي ومقاومة للحريق تسجّل عليها معلومات عن المصدر المشع المستخدم في الجهاز، بما في ذلك معلومات عن الآتي:

- الرمز الكيميائي والعدد الكتلي للنويّدة المشعّة؛
- النشاط في تاريخ محدد؛
- رقم تعريف المصدر المختوم؛
- هوية مصنّع المصدر.

المعدات المستعملة

١٩-٩ - ينبغي أن تتأكد المنظمات المشعّلة التي تحصل على معدات تصوير إشعاعي قديمة أو مستعملة أن تلك المعدات وأي معدات ملحقة بها تفي بالمعايير الدولية السائدة

[٢٦] أو ما يعادلها من معايير وطنية. وينبغي أن يتم ذلك من خلال تقييم تجريبه الشركة المصنعة أو هيئة مختصة أخرى.

التدريب باليورانيوم المستنفد

٢٠-٩- يحتوي تدريب الكثير من أجهزة التعريض (وبعض المسدّات) على يورانيوم مستنفد نظراً لارتفاع كثافته عن الرصاص. ويساعد ذلك على بقاء حجم أجهزة التعريض أصغر مادياً مما يمكن أن يتيح التدريب بالرصاص وحده. ويسمح ذلك أيضاً باستيفاء متطلبات الطرود من النوع B(U) بموجب لائحة النقل [٢٣] عند الاقتضاء. واليورانيوم المستنفد مشع، ويعني ذلك أنه لا بد من تخزين هذا النوع من أجهزة التعريض بأمان حتى عندما تكون 'فارغة' (أي عندما لا تحتوي على مصدر تصوير إشعاعي)، وينبغي أن تخضع لإجراءات الحصر.

٢١-٩- وينبغي أن يحدد المشغلون أجهزة التعريض والمسدّات، إن وجدت، التي تحتوي على يورانيوم مستنفد. وينبغي أن يتأكد المشغلون أيضاً من أن أجهزة التعريض والمسدّات التي تحتوي على يورانيوم مستنفد تحمل علامات لا تتمحي تبين ذلك. وقد تشترط أيضاً بعض الهيئات الرقابية الحصول على ترخيص منفصل لذلك النوع من أجهزة التعريض والمسدّات. وينبغي أن يكون التخلص منها في نهاية المطاف بإذن من الهيئة الرقابية.

المعدات الملحقة

٢٢-٩- تشمل المعدات الملحقة المستخدمة مع جهاز التعريض حاويات التحكم، وأنايبب التوجيه، والمسدّات. وينص المعيار رقم ٣٩٩٩ للمنظمة الدولية لتوحيد المقاييس على معايير الأداء الدنيا للمعدات الملحقة [٢٦]. وينبغي أن تفي المعدات بمتطلبات هذا المعيار أو ما يعادله من معايير وطنية.

٢٣-٩- ويزوّد كل طراز من أجهزة التعريض بالملحقات الخاصة به. وينبغي أن تكون الملحقات متوافقة مع جهاز التعريض المحدّد ومجمّع المصدر المراد استخدامه في ذلك الجهاز لتلافي وقوع حوادث. وينبغي التحقق عن طريق الشركة (الشركات) المصنّعة المعنية من أي معلومات غير مؤكدة عن توافق الجهاز.

٢٤-٩- وتتاح الملحقات، مثل كوابل التحكم وأنايبب التوجيه، لكي تزيد إلى أقصى حد المسافة بين المصور الإشعاعي والمصدر. ويتراوح الطول في العادة بين ٧ و ١٥ متراً في حالة كوابل التحكم، وبين ٢ و ٦,٥ من الأمتار في حالة أنايبب التوجيه. وينبغي عدم تشغيل الأجهزة بكوابل التحكم وأنايبب التوجيه التي يزيد طولها عن الطول المحدد في توصيات الشركة المصنّعة.

مُسدّد الشعاع

٢٥-٩- تستخدم المسدّدات لتقليل الحُزمة الإشعاعية في بعض الاتجاهات. وينبغي استخدام تلك الأجهزة حيثما أمكن للحد من مستويات الإشعاع وما ينشأ عنها من جرعات. وتصنّع المسدّدات في العادة من الرصاص أو التنغستن أو اليورانيوم المستنفد، وقد توفر حُزماً إشعاعية بانورامية أو اتجاهية. وينبغي أن تتأكد المنظمة المشغّلة من أن المسدّد متوافق مع مجمّع المصدر حتى لا يتسبب في تعطيل حركة المصدر.

مبدلات المصدر وحاويات التخزين

٢٦-٩- ينبغي استخدام مبدلات المصدر لتغيير مصادر التصوير الإشعاعي الصناعي القديمة والجديدة بين جهاز التعريض الخاص بالمشغّل ومبدل المصدر (حاوية الشحنة في العادة) الذي يستخدمه مورّد المصدر (ينبغي إعادته في العادة إلى المورد بعد تبديل المصدر). وينبغي أن تسمح الحاويات بتخزين المصدر المختوم تخزيناً آمناً عندما يكون غير مستخدم، وينبغي أن تحول دون الوصول إليه دون إذن.

٢٧-٩- وبالرغم من عدم وجود أي معايير محددة بشأن مبدلات المصادر أو حاويات التخزين، ينبغي إن أمكن الالتزام بالبنود الواجبة التطبيق من المعيار رقم ٣٩٩٩ للمنظمة الدولية لتوحيد المقاييس [٢٦] أو ما يعادلها من معايير وطنية بشأن مستويات الجرعات والتوسيم. وينبغي أن تشمل مبدلات المصدر نظاماً يكفل عدم سحب المصدر بطريقة عارضة من المبدل عند توصيله أو فصله. وينبغي أن تكون المبدلات مزوّدة بقفّل أو توضع في حاوية خارجية مغلقة بإحكام لمنع إخراج المصدر المختوم من درعه الواقعي عرضاً أو دون إذن. وينبغي إبقاء حاويات التخزين ومبدلات المصادر مغلقة (وينزع مفتاح القفل في كل الأوقات) عندما تحوي مصادر مختومة ما لم تكن خاضعة لمراقبة مباشرة من عامل مصرّح له بذلك.

٢٨-٩- وينبغي أن يكفل المشغلون التعامل مع مبدلات المصدر التي تحتوي على يورانيوم مستنفد باعتبارها مصادر مشعة حتى عندما تكون 'فارغة' (أي عندما لا تحوي مصدراً للتصوير الإشعاعي)، وعدم التخلص منها إلاّ بإذن من الهيئة الرقابية.

تخزين المصادر المشعة

٢٩-٩- ينبغي أن تتألف مرافق تخزين مصادر أجهزة التعريض داخل الموقع من غرفة يمكن إغلاقها بأقفال محكمة أو مخزن خاص يوفر مستوى كافيّاً من الوقاية والأمان.

وينبغي تصنيف الغرفة أو المخزن كمنطقة خاضعة للرقابة أو منطقة خاضعة للإشراف، عند الاقتضاء، وينبغي أن يراعى فيها ما يلي:

- (أ) أن تكون مقاومة للحريق للتقليل إلى أدنى حد من احتمالات فقد التدريع وحدوث تلوث في حال نشوب حريق بالقرب منها؛
- (ب) أن توضع بعيداً عن أي أخطار يمكن أن تتسبب في حدوث تآكل أو انفجار؛
- (ج) أن تكون مصنوعة من مواد توفر مستوى كافياً من التدريع لتخفيض معدلات الجرعة خارج الغرفة أو المخزن إلى ما دون المستويات ذات الصلة المحددة من الهيئة الرقابية.

وينبغي الإبقاء على باب مرفق التخزين مغلقاً بإحكام والاحتفاظ بمفاتيحه مع العاملين المصرح لهم بذلك. وينبغي وضع لافتة على الباب تحمل رمز الخطر الإشعاعي (الورقات الثلاث).

التفتيش والصيانة

الممارسة السليمة العامة

٣٠-٩- ينبغي أن تخضع معدات التصوير بأشعة غاما (بما في ذلك كل ملحقاتها) لتفتيش روتيني وصيانة دورية للتأكد باستمرار من سلامة تشغيلها.

٣١-٩- وينبغي ألا يُجري الصيانة الدورية سوى الشركة المصنّعة أو عاملين مدربين تدريباً خاصاً وفقاً لتعليمات الشركة المصنّعة. وينبغي الحصول على أي قطع غيار من المصنّع وحده لضمان مطابقتها لمواصفات الأمان الأصلية. وينبغي أن تكون أي تعديلات مرهونة بموافقة الشركة المصنّعة أو الهيئة الرقابية عند الاقتضاء.

٣٢-٩- وينبغي أن تشمل الممارسات السليمة العامة الحفاظ على نظافة المعدات حتى تظل تعمل بصورة سليمة. وينبغي بعد استخدام المصدر إزالة الطين والأتربة التي يمكن أن تعيق حركته.

التفتيش الروتيني

٣٣-٩- ينبغي أن يجري المصورون الإشعاعيون تفتيشاً روتينياً قبل البدء في أعمال التصوير الإشعاعي لاكتشاف الظروف التي يمكن أن تفضي إلى وقوع حادث إن تركت دون تصحيح. وينبغي أن تشمل بعض الفحوص النمطية ما يلي:

(أ) فحص جهاز التعريض للتأكد من الآتي:

١' أن التركيبات ووصلات التثبيت مربوطة بإحكام.

- ٢' أن آلية الإغلاق تعمل بشكل سليم.
- ٣' أن مستويات الإشعاع عادية.
- ٤' أن وصلات أنبوب التوجيه وآلية التحكم آمنة.
- ٥' عدم حدوث تلف بالوصلة التي تربط بين مجمع المصدر وسلك التحريك باستخدام أدوات فحص البلبي، مثل أدوات قياس 'الاجتياز/عدم الاجتياز' التي توفرها الشركة المصنعة لفحص البلبي الشديد.

(ب) اختبار أجهزة التحكم من بُعد لضمان ما يلي:

- ١' تثبيت التركيبات بإحكام.
- ٢' عدم وجود آثار تهشم أو التواء أو اعوجاج.
- ٣' إمكانية تحريك السلك دون عوائق.

(ج) التفتيش على أنابيب توجيه المصدر للتأكد من الآتي:

- ١' تثبيت التركيبات بإحكام.
- ٢' عدم وجود آثار تهشم أو التواء أو اعوجاج.
- ٣' عدم تآكل أطراف المصدر.

٩-٣٤- وينبغي للمصورين الإشعاعيين فحص أي ملحقات إضافية مستخدمة (مثل الحوامل المغناطيسية، والقامطات، وملحقات المسدات) للتأكد مما يلي:

- عدم وجود عوائق تمنع الحركة؛
- سلامة حالة التشغيل؛
- الصلاحية للاستخدام.

وينبغي للمصورين الإشعاعيين عند تبديل المصدر إجراء الفحوص التشغيلية التمهيدية التالية للتأكد من أن:

- مجموعات الإغلاق تعمل بشكل سليم.
- وصلات أنبوب التوجيه وأنبوب النقل سليمة.
- أنابيب التوجيه أو أنابيب النقل خالية من أي عوائق.

برنامج الصيانة

٩-٣٥- ينبغي أن تجهز المنظمة المشغلة برنامجاً لصيانة جميع المعدات المستخدمة في التصوير بأشعة غاما. وينبغي أن يشير البرنامج إلى أنه لا يجوز أن إجراء هذه الصيانة إلا بمعرفة المورد أو مشغلين مدربين تدريباً خاصاً. وينبغي إجراء الصيانة على الفترات المطلوبة، مع مراعاة أي استخدام للمعدات في بيئات صعبة، مثل استخدامها في وجود رمال أو أتربة أو مياه.

٣٦-٩- وتشمل الصيانة فك المعدات تماماً وفحص كل مكوناتها فحصاً دقيقاً. وينبغي، عند الاقتضاء، استبدال الأجزاء البالية أو التالفة وتشحيمها بمادة تشحيم مناسبة. وينبغي حفظ سجلات عن كل أعمال الصيانة، بما في ذلك استبدال قطع الغيار.

مولدات الأشعة السينية

٣٧-٩- أكثر أنواع مولدات الأشعة السينية شيوعاً في التصوير الإشعاعي هو أنبوب الأشعة السينية التقليدي على الرغم من أن بعض التطبيقات المتخصصة تستخدم أيضاً المسرعات الخطية والمسرعات الدورانية (السيكلوترون).

٣٨-٩- وتستخدم مولدات الأشعة السينية في إجراء التعريض البانورامي (الشعاع نصف القطري) والتعريض الاتجاهي. ويصل كبل بين أنبوب الأشعة السينية ولوحة التحكم التي توفر وسيلة اختيار وبيان بارامترات التشغيل. ويمكن أن تتأثر الجرعة التي يتلقاها المصور الإشعاعي بطول الكبل، وبارامترات التشغيل (الجهد الكهربائي والتيار) والتدريج الموضوعي حول الجهاز. وينبغي ألا تستخدم المنظمات المشغلة سوى مولدات الأشعة السينية التي تفي بالمعايير الدنيا المحددة فيما يلي.

الأمان الكهربائي

٣٩-٩- يساهم الأمان الكهربائي بدور غير مباشر في تحقيق الأمان الإشعاعي لأن الأعطال الكهربائية في مولدات الأشعة السينية يمكن أن تسفر عن وقوع حوادث خطيرة ينطوي بعضها على عواقب إشعاعية. وينبغي أن تفي مولدات الأشعة السينية بمتطلبات الأمان الكهربائي الوطنية والدولية [٢٨]. وينبغي على وجه الخصوص أن تكون الأجزاء المعدنية، بما في ذلك الأغلفة، وكوابل التوصيل، ووحدات إمدادات القوى (المحولات والمولدات) ومعدات الرقابة، ومجموعات الأنابيب، وأجهزة الإنذار، وأجهزة الأمان الأخرى، مرتبطة معاً كهربائياً ('الربط الأرضي') ومتصلة بالأرض (مؤرضة). وينبغي أن يتولى مهندس كهربائي مؤهل أو مهندس خدمة متخصص إسداء المشورة بشأن المسائل الكهربائية وإجراء أعمال التفتيش والاختبار.

أطوال الكوابل

٤٠-٩- في الحالات التي يتعذر فيها إجراء التصوير الإشعاعي داخل حظيرة مدرّعة، ينبغي عموماً ألا يقل طول الكبل عن ٢٠ متراً في حالة مولدات الأشعة السينية التي يصل جهدها إلى ٣٠٠ كيلو فلت ووينبغي أن يزداد طول الكبل كلما ازدادت طاقة المعدات.

المسددات ومرشحات الأشعة

٩-٤١- ينبغي، حيثما أمكن عملياً، أن يكون مولد الأشعة السينية المستخدم في التصوير الإشعاعي الاتجاهي مزوداً بمسدد (يطلق عليه في بعض الأحيان اسم المخروط أو الحجاب الحاجز) لتقليل حجم الحزمة الشعاعية إلى الحد الأدنى الذي يتوافق مع تقنية التصوير الإشعاعي. وينبغي أن تكون المعدات مزودة بمرشحات للأشعة حتى يكون الترشيح متوافقاً مع العمل المراد إجراؤه.

لوحة التحكم

٩-٤٢- ينبغي أن تشمل لوحة التحكم ما يلي:

- (أ) رمز الخطر الإشعاعي (الوريقات الثلاث) وعبارة تفيد بانبعاث أشعة سينية عند تشغيل المعدات، وعلامة تحذيرية (بلغة معروفة محلياً) تحظر استخدام المعدات دون إذن.
- (ب) مبدال بمفتاح لمنع الاستخدام دون إذن. وينبغي عدم إخراج المفتاح ما لم يكن المبدال في وضع 'التوقف' أو 'الاستعداد' (بحيث لا يمكن إغلاق النظام عندما يكون المبدال في وضع 'التشغيل'). وينبغي وضع علامات تبين بوضوح أوضاع المفتاح.
- (ج) إشارة ضوئية تحذيرية ('وقاية تلقائية') تبين أن الجهاز متصل بالجهد الكهربائي (أي عندما يكون جاهزاً لإطلاق الأشعة السينية).
- (د) إشارة ضوئية منفصلة تحمل علامة تحذيرية (وقاية تلقائية) تبين أن المعدات بدأت بالفعل في إطلاق الأشعة السينية.
- (هـ) مؤقت للتحكم في مدة التعريض، أو مفتاح 'تشغيل' يتطلب الضغط عليه باستمرار من المصور الإشعاعي حتى تظل الأشعة السنية منبعثة.
- (و) مؤشرات تبين الجهد الكهربائي بالكيلو فلت والتيار بالملي أمبير عندما تكون حزمة الأشعة السينية في وضع 'التشغيل'.
- (ز) وسيلة تحمل علامة واضحة لإنهاء توليد الإشعاع فوراً.

رأس أنبوب الأشعة السينية

٩-٤٣- ينبغي، حيثما أمكن عملياً، إسناد رأس أنبوب الأشعة السينية إلى حامل مناسب أو أن تثبيته بقامطة لتلافي أي حركة غير مقصودة. ويقل الإشعاع المتسرب (أي الإشعاع الذي يمر من جوانب الجهاز وليس من الفتحة الأمامية التي يمر منها الشعاع) عندما يكون التصميم والإنشاء سليماً. وينبغي أن يحدد مصنع الجهاز مستوى التسرب الإشعاعي.

٩-٤٤- وتتوقف قوة اختراق الإشعاع المتسرب على الكيلو فلت، وتكون كبيرة بدرجة كبيرة عندما يزيد الجهد الكهربائي على ٥٠٠ كيلو فلت. وينبغي أن يوثق المصنّع بيانات المعدلات القصوى للجرعة الناشئة عن تسرب الإشعاع من سطح الجهاز على مسافة متر واحد من هدف الأشعة السينية. ويصل عموماً الحد الأقصى لمعدل الجرعة الناشئة عن تسرب الإشعاع من أنابيب الأشعة السينية التجارية إلى ١٠٠ ميكرو سيفرت. ساعة^١ على مسافة متر واحد من الهدف.

وحدات الأشعة السينية الوميضية

٩-٤٥- تصدر بعض مولدات الأشعة السينية نبضات إشعاعية بالغة القصر، وتُحدّد مدة التعريض بعدد النبضات المطلوبة. وهذه الوحدات الوميضية تكون صغيرة في كثير من الأحيان ويمكن حملها وتعمل بالبطارية، وتستخدم في التصوير الإشعاعي للأجسام ذات الكثافة المنخفضة أو التي تقل كثيراً سماكة جدرانها. وتستخدم في بعض الأحيان وحدات أشعة سينية ووميضية كبيرة في المرافق المدرعة في الحالات التي تقتضي أن يكون الخرج الإشعاعي كبيراً ومدة تعريض شديدة القصر. وينبغي اتباع نفس الاحتياطات المستخدمة مع معدات الأشعة السينية العادية إلى جانب احتياطات الأمان الإضافية التي يحددها تقييم الأمان.

٩-٤٦- وينبغي ملاحظة أن معظم مقاييس معدلات الجرعات لا تصلح للاستخدام بالقرب من وحدات الأشعة السينية الوميضية بسبب القصر الشديد لزمان النبضات المنبعثة من الوحدات وزمن الاستجابة البطيء نسبياً في أجهزة القياس. وينبغي بدلاً من ذلك استخدام مقاييس الجرعات المتكاملة المناسبة.

التفتيش على معدات الأشعة السينية وصيانتها

الممارسة السليمة العامة

٩-٤٧- ينبغي لضمان استمرار التشغيل السليم أن تخضع معدات الأشعة السينية (بما في ذلك جميع ملحقاتها) لفحوص روتينية من المنظمة المشغّلة، وتفتيش رسمي وصيانة من الجهة المصنّعة أو من خبير مؤهل. وينبغي عدم الحصول على أي قطع غيار إلا من المصنّع لضمان مطابقتها لمواصفات الأمان الأصلية.

٩-٤٨- وينبغي أن تشمل المهام الدورية التي يمكن أن تجريها المنظمة المشغّلة ما يلي:

- (أ) التحقق من الأمان الكهربائي، بما في ذلك التوصيل بالأرض واختبارات العزل الكهربائي للكوابل؛
- (ب) تنظيف أو استبدال أي مرشحات في نُظم التبريد؛
- (ج) التحقق من عدم تسرب الأشعة السينية من الأنابيب؛

- (د) التأكد من أن جميع الكوابل في حالة سليمة وأنها خالية من أي تآكل أو أسلاك غير مغطاة؛
- (هـ) إجراء الفحوص الروتينية الأخرى وأعمال الصيانة حسب ما توصى به الشركة المصنّعة؛
- (و) اختبار جميع نظم الإقفال التشابكي ومفاتيح قطع الدارة الكهربائية في حالات الطوارئ؛
- (ز) اختبار جميع كواشف الإشعاع المثبتة في الحظائر المدرّعة والتأكد من إجراء ذلك في الوقت الذي لا يوجد فيه أشخاص داخل المكان.

التفتيش الروتيني

٩-٤٩- ينبغي إجراء التفتيش الروتيني في بداية العمل. والغرض من ذلك التفتيش هو اكتشاف الظروف التي يمكن أن تقضي إلى وقوع حادث إن تركت دون تصحيح. وينبغي أن يشمل التفتيش عموماً فحوصاً للتأكد من الآتي:

- عدم وجود أي تلف ظاهر في المعدات.
- خلو الكوابل من أي أجزاء مقطوعة أو مفصولة أو ملتوية أو أي تركيبات مكسورة.
- عدم وجود أي تسرب في نُظم التبريد السائل.
- جميع وسائل الإقفال التشابكي تعمل بشكل سليم.
- جميع الإشارات والأضواء التحذيرية تعمل بشكل سليم.
- مسامير التثبيت مربوطة والوصلات الملولبة محكمة.

الصيانة

٩-٥٠- ينبغي أن تجهز المنظمة المشغلة برنامجاً لصيانة معدات الأشعة السينية. وينبغي أن يشير البرنامج إلى أنه لا يجوز إجراء هذه الصيانة إلا بمعرفة المورد أو مشغلين مدربين تدريباً خاصاً. وينبغي إجراء الصيانة سنوياً على الأقل، وعلى فترات أقصر إذا كانت المعدات تستخدم في بيئات صعبة مثلما في الأحوال التي تكثر فيها الأتربة أو تشتد فيها الرطوبة، أو إذا كانت المعدات تنقل بصورة متكررة. وتشمل الصيانة فحص المعدات واختبارها بصورة كاملة، وإجراء فحص مفصّل لكل مكوناتها. وينبغي عند الاقتضاء استبدال الأجزاء المعطوبة أو التالفة واختبارها حسب اللزوم. وينبغي الاحتفاظ بسجلات عن كل أعمال الصيانة، بما في ذلك قطع الغيار.

١٠- التصوير الإشعاعي في الحظائر المدرّعة

عام

١٠-١- الحظيرة المدرّعة هي حيز محصور مصمم ومجهز هندسياً لتوفير وقاية كافية من الإشعاع المؤيّن للأفراد الموجودين على مقربة من المكان. وتشمل الحظيرة المدرّعة ضوابط هندسية لوقاية الأشخاص الذين يدخلون الحظيرة من التعرض المحتمل للإشعاع أو التقليل إلى أدنى حد من ذلك التعرض عندما تكون المصادر معرّضة أو متصلة بالطاقة.

١٠-٢- وينبغي إجراء التصوير الإشعاعي الصناعي داخل حظائر مدرّعة كلما كان ذلك ممكناً عملياً. ويسمح استخدام الحظيرة المدرّعة بعدم توقف الأعمال الأخرى التي تجري بالقرب من الحظيرة (ولكن خارجها) وإجراء أعمال التصوير الإشعاعي حسب الاقتضاء. وينبغي أن تستخدم في التصوير الإشعاعي حظائر سليمة من حيث التصميم والإنشاء ومزوّدة بنظم أمان ونظم إنذار ملائمة يتم اختبارها وصيانتها بانتظام. ويمكن لتلك الحظائر أن تساعد كثيراً في منع وقوع حوادث وإبقاء الجرعات الإشعاعية عند أدنى حد معقول.

١٠-٣- وينبغي قبل استخدام الحظيرة أن تجري المنظمة المشغّلة اختبارات للتأكد من أن الحظيرة صالحة للتشغيل مستعينة في ذلك عند اللزوم بالشركة المصنّعة، للتأكد من أن الحظيرة بالحالة التي عليها مطابقة لمعايير التصميم.

التصميم والتدريع

١٠-٤- ينبغي تصميم الحظيرة المدرّعة بما يكفل مراعاة المصادر الإشعاعية التي من المزمع استخدامها والأعمال المحددة التي من المزمع إجراؤها. وينبغي تصميم الحظيرة بحيث توضع وسائل التحكم في تعريض مصادر غاما أو المولّد الإشعاعي خارج الحظيرة المدرّعة. وينبغي تخطيط التصميم بما يفي بالاحتياجات العاجلة والمستقبلية المنظورة قبل البدء في تشييدها.

١٠-٥- وينبغي أن يشمل تصميم الحظيرة المدرّعة رسم المنشآت والأماكن المحيطة بها، بما في ذلك أي مكاتب أو أبنية مجاورة. وينبغي أن يشمل الرسم أبعاد مواد التدريع وسمكها وكثافتها وأنواعها حول كل جوانب منطقة التعريض من أعلى ومن أسفل. وينبغي تمييز المداخل ووضع علامات تبيين المسافات المؤدية إلى المناطق التي يمكن أن تكون مأهولة بجوار منطقة التعريض من أعلى ومن أسفل، بما في ذلك معلومات عن عامل الإشغال (أي وتيرة شغل المكان ومتوسط مدة بقاء الأشخاص فيه). وينبغي تخطيط

المرفق تخطيطاً سليماً للتقليل إلى أدنى حد من تكلفة المنشآت وتلافي الأعمال العلاجية المكلفة التي قد يلزم إجراؤها في حال عدم تحقيق المستوى اللازم من الوقاية.

٦-١٠- وينبغي استخدام التدرّيع الملائم للحد من التعرض الإشعاعي المباشر والتشتت الإشعاعي الناجم عن تشغيل الحظائر المدرّعة. ويقضي الحساب الشامل لسُمك للتدرّيع المطلوب استخدام بيانات مفصّلة عن انتقال الإشعاع من مادة التدرّيع ذات الصلة. ويلزم الاستعانة بخبير مؤهل لإجراء تلك الحسابات. وتتجاوز الإرشادات المتعلقة باستخدام بيانات الانتقال الإشعاعي والحسابات الضرورية نطاق هذا المنشور.

٧-١٠- ويفضّل تغطية الحظيرة بسقف مدرّع، وينبغي في التصميم التي تتعدّم أو تقل فيها الأسقف إيلاء اهتمام خاص لتشتت الإشعاع في الهواء (أو 'اللمعان السماوي') والتشتت الناجم عن أجسام خارج الحظيرة، مثل الأسقف أو الجدران المرتفعة بالقرب من الحظيرة إذا كان من المزمع تشييدها داخل مبنى آخر.

٨-١٠- ويجوز للهيئة الرقابية تحديد معايير تصميم الحظائر، بما في ذلك المستويات المرجعية للجرعات أو معدلات الجرعات.

٩-١٠- وتوجد بعض الفتحات أو المنافذ في التدرّيع للسماح بدخول وخروج العاملين ولتمكين الارتفاعات من تثبيت وإزالة الأجسام الثقيلة المراد تصويرها إشعاعياً، وتوصيل المواسير، وكوابل التحكم، والتهوية، والأنابيب الأخرى. وينبغي تصميم تلك النقاط بعناية كبيرة لتلافي نفاذ أو تشتت الإشعاع أو على الأقل تقليص ذلك إلى أدنى حد.

١٠-١٠- ويمكن أن تظهر نقاط ضعف في التدرّيع بعد فترة من استخدامه، أو تلف التدرّيع، أو تحرك التدرّيع، أو استقرار المبنى. وينبغي استخدام مختلف تقنيات التصميم، مثل تصميم المدخل في شكل متاهة، لمنع تلك العيوب أو التقليل منها إلى أدنى حد.

١١-١٠- وينبغي أن تراعى نتائج تقييم الأمان^٦ في التصميم. وينبغي عندما يوضع تصميم الحظيرة المدرّعة عدم تغييره بعد ذلك ما لم يكن ذلك بغرض الحفاظ على مستوى الأمان أو تعزيزه. وقد يتطلب أيضاً تغيير التصميم الأصلي إجراء اختبارات، وقد يتطلب ذلك إذناً أو موافقة من الهيئة الرقابية أو من خبير مؤهل.

^٦ في حالة المرافق التي تستخدم فيها المولدات الإشعاعية المرتفعة الطاقة، مثل المسرعات وأجهزة السيكلوترون، يتعيّن أيضاً النظر في الأخطار غير الإشعاعية التي يمكن أن تنشأ عن الغازات الضارة، مثل غاز الأوزون.

١٠-١٢- وينبغي الاحتفاظ بجميع الوثائق المتعلقة بتصميم الحظيرة للرجوع إليها في المستقبل. ويجوز للهيئة الرقابية أن تشترط أيضاً تقديم نسخ من الخطط والوثائق قبل الترخيص باستخدام المرفق.

المناطق الخاضعة للرقابة والمناطق الخاضعة للإشراف

١٠-١٣- ترتفع بدرجة كبيرة معدلات الجرعة داخل الحظائر في أثناء إجراء أعمال التصوير الإشعاعي، وينبغي أن تحدّد الحظيرة كمنطقة خاضعة للرقابة. على أنه قد لا يتعيّن تعيين الحظيرة كمنطقة خاضعة للرقابة عندما لا تكون مستخدمة. ويتوقف النهج المتبع على اللوائح والمتطلبات الوطنية أو المحلية.

١٠-١٤- وينبغي تصميم الحظيرة المدرّعة بحيث لا يلزم تحديد منطقة خاضعة للرقابة خارجها. ويمكن تحديد المنطقة المحيطة بالحظيرة المدرّعة كمنطقة خاضعة للإشراف تبعاً للحالة.

نُظم الأمان ونُظم الإنذار في التصوير بأشعة غاما

نُظم إقفال الأبواب

١٠-١٥- ينبغي تركيب نُظم أمان ملائمة على بوابات الدخول في الحظائر المدرّعة لضمان عدم تمكّن الأشخاص من دخولها في أثناء تعريض مصدر إشعاعي. وينبغي تركيب نظام ميكانيكي أو كهربائي تشابكي لإقفال الأبواب من أجل ضمان عدم إمكانية تعريض المصدر ما لم يكن الباب مغلقاً.

١٠-١٦- وينبغي بالمثل أن يمنع النظام فتح باب الحظيرة عندما يكون المصدر في وضع التعريض، أو ينبغي أن يسحب المصدر أو يدرعه تلقائياً في الحالات التي يُفتح فيها الباب. وقد لا يتسنى في كل الحالات تركيب نُظم إقفال تشابكية من هذا النوع مع أجهزة تعريض أشعة غاما التي تعمل يدوياً. وينبغي في هذا الحالة أن يغلق المصور الإشعاعي الباب فوراً بنفسه قبل تعريض المصدر.

١٠-١٧- وينبغي تركيب نظام رصد إشعاعي مزوّد بخاصية 'الوقاية التلقائية'. ومن المثالي أن يكون جهاز الرصد الإشعاعي متصلاً بنظام الإقفال التشابكي لمنع دخول الحظيرة المدرّعة عندما يكتشف جهاز الرصد الإشعاعي إشعاعات تزيد على المستوى المحدد سلفاً. على أن ذلك قد لا يكون ممكناً مع بعض أجهزة تعريض أشعة غاما اليدوية المزوّدة بمعدات لتحريك المصدر.

١٠-١٨- وينبغي أن يصدر نفس جهاز الرصد الإشعاعي المثبت إشارات مرئية ومسموعة عندما يكون المصدر معرّضاً. وحتى في حال استخدام تلك النُظم الآلية ينبغي

أن يستخدم الأشخاص الذين يدخلون الحظيرة المدرّعة في كل الأوقات مقياساً إشعاعياً محمولاً يعمل بشكل سليم للتأكد من أن المصدر مدرع تماماً.

إشارات الإنذار واللافتات التحذيرية

١٠-١٩- وينبغي إصدار إشارة إنذار تمهيدية مرئية أو مسموعة مباشرة قبل تعريض المصدر. وينبغي أن تكون الإشارة واضحة لأي شخص داخل الحظيرة المدرّعة أو في مدخلها. وينبغي أن تستمر إشارة الإنذار لمدة تكفي لتمكين الأشخاص من إخلاء الحظيرة.

١٠-٢٠- وينبغي إصدار إشارة إنذار مرئية أو مسموعة ثانية عندما يكون المصدر في وضع التعريض. وينبغي أن تكون الإشارة الأولى والإشارة الثانية مختلفتين بحيث يمكن التمييز بينهما بوضوح. وينبغي أن تكون الإشارتان مرئيتين و/أو مسموعتين من داخل الحظيرة المدرّعة.

١٠-٢١- ويفضل تصميم الإشارتين بحيث تعملان تلقائياً عندما يبدأ تعريض المصدر. على أنه قد يكون من المقبول في إشارة الإنذار الأولى، تبعاً للمتطلبات الرقابية، أن يطلقها المصور الإشعاعي يدوياً مباشرة قبل البدء في التعريض. وفي الحالات التي يوجد فيها أكثر من مصدر مشع، ينبغي أن تكون ضوابط التعريض والإنذارات مميزة ولا يشوبها أي التباس.

١٠-٢٢- وينبغي تثبيت لافتات مرئية تبين بوضوح معنى الإنذار الأولي والإنذار الثاني التي يحذر من 'مصدر معرّض' في الأماكن المناسبة داخل المرفق وحوله. وينبغي أن تحمل تلك اللافتات رمز الإشعاع الثلاثي الوريقات ومعلومات أخرى حسب ما تقتضيه الهيئة الرقابية. وينبغي كتابة اللافتة بلغة مفهومة للأشخاص الذين يرجح وجودهم حول الحظيرة المدرّعة.

١٠-٢٣- وينبغي أن تكون المواد المستخدمة في اللافتات متينة تتحمل الظروف البيئية السائدة. وينبغي استبدال اللافتات التالفة أو غير المقروءة حسب اللزوم.

أضرار وشدادات الإيقاف في حالات الطوارئ

١٠-٢٤- وينبغي تركيب أضرار وشدادات الطوارئ التي يمكن إعادة ضبطها يدوياً لتمكين أي شخص داخل الحظيرة المدرّعة من إطلاق إنذار فوراً وإنهاء أو منع التعريض الإشعاعي سواءً تلقائياً أو عن طريق لفت انتباه المصور الإشعاعي. وينبغي تركيب الأضرار والشدادات في مكان يمكن الوصول إليه دون الحاجة إلى المرور خلال الحزمة الإشعاعية الرئيسية. وينبغي أن تبين عليها بوضوح تعليمات الاستخدام. وينبغي أن يكون الأشخاص الموجودون داخل الحظيرة قادرين على مغادرة الحظيرة بسرعة أو الاحتماء

خلف دروع واقية مناسبة. وينبغي أن يكون المصور الإشعاعي قادراً على إنهاء التعريض فوراً في حالة الطوارئ.

نُظم الأمان ونُظم الإنذار

١٠-٢٥- تستخدم مولدات الأشعة السينية لإجراء تصوير إشعاعي في حظائر مدرّعة. ويزيد عموماً الخرج الإشعاعي الصادر عن مولدات الأشعة السينية بمقدار عدة رُتب من رُتب الحجم عن الخرج الإشعاعي المنبعث من مصادر أشعة غاما. وينبغي تركيب نُظم الأمان بدقة وبشكل صحيح لمنع حدوث تعرض غير مقصود للمصورين الإشعاعيين والعاملين الآخرين. وينبغي في العادة أن تتكامل مولدات الأشعة السينية مع نُظم الأمان ونُظم الإنذار في الحظيرة بحيث لا يمكن تشغيل مولد الأشعة السينية دون أن تعمل نُظم الأمان.

نُظم إقفال الأبواب

١٠-٢٦- ينبغي تثبيت أقفال تشابكية مناسبة على الأبواب المؤدية إلى الحظائر المدرّعة لضمان عدم دخول أي شخص إليها في أثناء انبعاث الإشعاع من مولد الأشعة السينية. وينبغي تركيب نظام الإقفال التشابكي لتوفير صلة ميكانيكية أو كهربائية بين نظام التحكم في التعريض وبين الباب أو نقاط الدخول الأخرى المؤدية إلى الحظيرة المدرّعة. وينبغي أن يمنع نظام الإقفال التشابكي توليد الأشعة السينية لحين إغلاق الباب، وينبغي أن ينهي فوراً إطلاق الأشعة السينية إذا فُتح الباب. وينبغي ألا يؤدي إغلاق الباب بعد ذلك إلى إعادة تشغيل مولد الأشعة السينية تلقائياً.

١٠-٢٧- وينبغي ألا تعيق نُظم الإقفال التشابكية الأشخاص الذين قد يوجدون داخل الحظيرة من مغادرتها في حالات الطوارئ. وتشمل نُظم الأقفال التشابكية مفاتيح كهربائية أو نظم مفاتيح انحباسية. وينبغي أن تكون نُظم الإقفال التشابكية مزوّدة بوسائل وقائية تلقائية لا تسمح بتوليد الأشعة السينية في حال حدوث عطل أو كسر في أي مكون من مكونات نظام الإقفال. وينبغي توخي الاستحاطة والتنوع والاستقلالية، حسب اللزوم، في نظم الإقفال التشابكية لتوفير مستويات إضافية من الأمان.

إشارات الإنذار واللافتات التحذيرية

١٠-٢٨- ينبغي إصدار إشارة إنذار أولية مرئية أو مسموعة فوراً قبل توليد الأشعة السينية. وينبغي أن تكون هذه الإشارة واضحة لأي شخص موجود داخل الحظيرة

المدرّعة أو عند مدخلها. وينبغي أن يستمر إطلاق الإنذار الأولي لمدة تكفي لتمكين الأشخاص من إخلاء الحظيرة^٧.

١٠-٢٩- وينبغي إطلاق إشارة إنذار ثانية مرئية أو مسموعة في أثناء توليد الأشعة السينية. وينبغي أن تكون إشارة الإنذار الأولى مختلفة عن إشارة الإنذار الثانية التي تحذر من أن جهاز الأشعة السينية 'قيد التشغيل' بحيث يمكن التمييز بينهما بوضوح، وينبغي أن تكون الإشارتان مرئيتين و/أو مسموعتين من داخل الحظيرة المدرّعة. وينبغي أيضاً اختيارهما بحيث لا يمكن الخلط بينهما وبين أي إشارات إنذار أخرى مستخدمة في المنطقة.

١٠-٣٠- وينبغي أن تعمل الإشارات تلقائياً عندما يبدأ تعريض الأشعة السينية. وينبغي تصميم و/أو تركيب نظام إشارات الإنذار بحيث لا يمكن توليد الأشعة السينية في حال تعطل أي مكون من مكونات النظام (مثل تعطل أحد مصابيح الإضاءة). وفي الحالات التي يوجد فيها أكثر من مصدر إشعاعي، ينبغي أن تكون ضوابط التعريض وإشارات الإنذار مميّزة ولا يشوبها أي التباس.

١٠-٣١- وينبغي وضع لافتات مرئية تبين بوضوح معنى الإنذار الأولي والإنذارات التالية التي تحذر من 'مصدر معرّض' في الأماكن المناسبة داخل المرفق وحوله. وينبغي أن تحمل اللافتات رمز الإشعاع الثلاثي الوريقات والمعلومات الأخرى التي تقتضيها الهيئة الرقابية. وينبغي كتابة اللافتة بلغة مفهومة للأشخاص الذين يرجح وجودهم حول الحظيرة المدرّعة.

١٠-٣٢- وينبغي أن تكون المواد المستخدمة في اللافتات متينة وتتحمل الظروف البيئية السائدة. وينبغي استبدال اللافتات التالفة أو غير المقروءة حسب اللزوم.

أضرار أو شدادات الإيقاف في حالات الطوارئ

١٠-٣٣- وينبغي أن يشمل نظام الإقفال التشابكي أضرار أو شدادات طوارئ يمكن إعادة ضبطها لتمكين أي شخص داخل الحظيرة المدرّعة من إطلاق إشارة تحذيرية فوراً ومنع أو إنهاء التعريض الإشعاعي تلقائياً. وينبغي وضع الأضرار والشدادات في مكان يمكن الوصول إليه دون الحاجة إلى المرور خلال الحزمة الإشعاعية الرئيسية. وينبغي أن تبين عليها بوضوح تعليمات الاستخدام. وينبغي أن يكون الأشخاص الموجودون داخل

^٧ يمكن في المرافق التي تستخدم فيها مولدات إشعاعية عالية الطاقة، مثل المسرعات الخطية، اتخاذ تدابير أمان إضافية، مثل نظم 'البحث والإقفال' التي تجبر المشغل على التأكد مادياً من أن الغرفة خالية قبل بدء التعريض.

الحظيرة قادرين على مغادرتها بسرعة أو الاحتماء خلف دروع واقية مناسبة. وينبغي أن يكون المصور الإشعاعي قادراً على إنهاء التعريض فوراً في حالة الطوارئ.

إجراءات التصوير الإشعاعي

١٠-٣٤- وينبغي ألا يجري أعمال التصوير الإشعاعي في الحظائر المدرّعة سوى مصورين إشعاعيين مختصين مدربين تدريباً مناسباً. وينبغي أن يشمل التدريب تعليمات كفيلة بعدم الخروج في استخدام الحظيرة المدرّعة عن الحدود المقررة في التصميم، وصيانة كل نُظْم ومكونات المرفق وفقاً لمواصفاتها الأصلية. ولا بد أن يكون المصورون الإشعاعيون أيضاً على دراية بنُظْم الأمان ونُظْم الإنذار المستخدمة وطرق تشغيلها.

١٠-٣٥- وينبغي أن تتأكد المنظمات المشغّلة من أن إجراءات التشغيل وإجراءات الطوارئ المتعلقة بأعمال التصوير الإشعاعي المنفذة في الحظيرة المدرّعة متاحة بسهولة في نسخ مكتوبة بلغة معروفة للمصورين الإشعاعيين.

١٠-٣٦- وينبغي عدم إجراء أي تصوير إشعاعي في حظيرة مدرّعة غير الحظيرة المدرّعة التي صممت لها أعمال التصوير الإشعاعي والتي أُجري لها تقييم الأمان. وينبغي عدم إجراء أعمال تصوير إشعاعي لا يغطيها التصميم الأصلي وتقييم الأمان إلاّ بعد إجراء تقييم أمان جديد وبعد الموافقة على أي تعديلات ضرورية وإدخال تلك التعديلات.

١٠-٣٧- وينبغي أن يحمل المصورون الإشعاعيون في جميع الأوقات مقاييس جرعات شخصية حسب ما تقتضيه الهيئة الرقابية. وتشمل مقاييس الجرعات الشخصية مقاييس الجرعات بالوميض الحراري، ومقاييس الجرعات الشخصية ذات القراءة المباشرة، ومقاييس الجرعات الشخصية المزوّدة بإنذار.

١٠-٣٨- وينبغي ألا يعتمد المصور الإشعاعي على نُظْم الأمان الثابتة للحد من تعرضه للإشعاع. وينبغي أن يحمل جهاز مسح إشعاعي مناسب كلما دخل الحظيرة المدرّعة. وفي حال تجاوز معدلات الجرعة المستوى المحدد سلفاً، ينبغي أن يخلي المصور الإشعاعي الحظيرة فوراً ويمنع أي أشخاص آخرين من دخولها ويلتزم المشورة من مسؤول الوقاية الإشعاعية.

١٠-٣٩- وينبغي إتاحة جهاز مسح محمول مناسب لقياس معدلات الجرعة خارج الحظيرة المدرّعة (انظر القسم ٧). وينبغي إجراء القياسات في مجموعة من المواقع حول الحظيرة، بما في ذلك موقع المشغّل والمناطق المأهولة المجاورة. وينبغي مقارنة قياسات معدلات الجرعة بالمستويات المرجعية. وينبغي في الحالات التي يرتفع فيها

معدل الجرعة عن المستوى المرجعي إنهاء العمل والتماس المشورة من مسؤول الوقاية الإشعاعية.

١٠-٤٠- وينبغي التأكد من صلاحية جهاز المسح في بداية كل نوبة عمل، ويفضّل فحصه في أثناء كل نوبة. وينبغي إجراء الفحص وفقاً لدليل تشغيل الجهاز. وينبغي أن يشمل الفحص اختبار جهد البطارية واستجابة الجهاز لمصدر اختبار. وإذا أثبت الفحص عدم صلاحية جهاز المسح ينبغي عدم بدء أو مواصلة أعمال التصوير الإشعاعي لحين الحصول على جهاز بحالة جيدة.

١٠-٤١- وينبغي استخدام مسدد وتدرّيع إضافي حسب الاقتضاء للتقليل إلى أدنى حد من التعرض المحتمل.

١٠-٤٢- وينبغي قبل كل تعريض أن يتحقق المصور الإشعاعي من عدم وجود أي شخص داخل الحظيرة المدرّعة، وينبغي أن يغلق الباب. وينبغي للمصور الإشعاعي ألا يبدأ التعريض إلا إذا كان الباب مغلقاً وكل الحواجز الواقية في مكانها ونُظم الأمان وأجهزة الإنذار تعمل بشكل سليم.

١٠-٤٣- وإذا لزم استخدام الحظيرة المدرّعة لأغراض غير مشمولة أصلاً بمواصفات التصميم، مثل التصوير الإشعاعي لسفن أطول من المعتاد في أثناء الإبقاء على الباب مفتوحاً، أو استخدام أجهزة تعريض أشعة غاما في حظيرة مدرّعة مخصصة للتصوير بالأشعة السينية، ينبغي في تلك الحالات اتباع إجراءات التصوير الإشعاعي المعمول بها في مواقع التصوير الخارجية. وقد يتطلب ذلك إذناً من الهيئة الرقابية.

١٠-٤٤- وينبغي استخدام الحواجز واللافتات لتحديد المنطقة الخاضعة للرقابة، وينبغي رصد معدلات الجرعة حول الحواجز، وينبغي مراقبتها باستمرار لضمان عدم دخول أي شخص إلى المنطقة الخاضعة للرقابة. وإذا كان لا بد من تعطيل نُظم الإقفال التشابكي مؤقتاً، ينبغي تحديد ذلك بوضوح ومراعاته في تقييم محدد للأمان. وينبغي التحقق من عودة نُظم الإقفال إلى طبيعتها قبل استخدام الحظيرة مرة أخرى.

الإخراج من الخدمة

١٠-٤٥- عندما يتوقف استخدام أحد مرافق التصوير الإشعاعي الصناعي ولا توجد أي خطط لاستخدامه مرة أخرى في المستقبل المنظور، ينبغي إخراج المرفق من الخدمة رسمياً [٢٩، ٣٠]. وينبغي التعامل مع كل مصادر الإشعاع وفقاً للإطار الرقابي الوطني ورهنأ، عند الاقتضاء، بموافقة الهيئة الرقابية. وينبغي أن يشمل ذلك ما يلي:

(أ) نقل مصادر أشعة غاما، رهنأ بموافقة الهيئة الرقابية، إلى منظمة مرخصة أخرى، أو ينبغي بدلاً من ذلك أن تعيد المنظمة المشغلة المصدر إلى المورد

- الأصلي، أو ينبغي أن تتخذ إجراءً آخر حسب ما ترخص به الهيئة الرقابية. وينبغي أن تحتفظ المنظمة المشغلة بسجلات شاملة لكل تراخيص التخزين أو النقل أو التخلص من المصادر المشعة (بما في ذلك أي شهادات من الجهات المتلقية أو مرافق التخلص من النفايات المشعة).
- (ب) التعامل مع أجهزة التعريض التي تحتوي على يورانيوم مستنفد بنفس الطريقة التي تعامل بها مصادر أشعة غاما.
- (ج) إبطال مفعول مولدات الأشعة السينية أو نقلها إلى منظمة مرخصة أخرى رهنأ بموافقة الهيئة الرقابية.
- (د) النظر أيضاً في مصادر أشعة غاما المنخفضة النشاط التي قد تحتوي عليها زحافات فحص الأنابيب بالأشعة السينية.
- (هـ) قيام المنظمات المشغلة بإبلاغ السلطات المختصة بأن جميع مصادر الإشعاع قد أزيلت من الموقع.
- (و) إزالة جميع إشارات ولافتات الخطر الإشعاعي التي تحمل علامة الوريقات الثلاث.
- (ز) إجراء مسح إشعاعي شامل لضمان عدم ترك أي مصادر مشعة في الموقع والتأكد من عدم حدوث أي تلوث.
- (ح) إعداد تقرير نهائي عن إيقاف التشغيل يشمل المسح الإشعاعي النهائي وتفاصيل تخزين مصادر الإشعاع أو نقلها أو التخلص منها. وينبغي رفع التقرير النهائي إلى الهيئة الرقابية [٢٩، ٣٠].

١١ - التصوير الإشعاعي في المواقع الخارجية

عام

- ١-١١ - عندما يتعذر نقل الأجسام المراد تصويرها إشعاعياً إلى حظيرة مدرّعة، ينبغي إجراء العمل في ظروف 'التصوير الإشعاعي الخارجي'. ويشيع كثيراً استخدام هذا الأسلوب في التصوير الإشعاعي، ولكنه يمكن أن ينطوي على عواقب خطيرة بسبب الافتقار إلى تدابير الأمان الهندسية.
- ٢-١١ - ويمكن إجراء التصوير الإشعاعي الخارجي في موقع العميل على سبيل المثال (مثل مصفاة تكرير، أو في مكان في عرض البحر، أو في ورشة إنشاءات)، أو في منطقة حضرية (مثل خطوط أنابيب الغاز أو مواقع تشييد المباني) أو في حقل مفتوح (مثل خطوط الأنابيب المارة بمنطقة ريفية أو منطقة غير مأهولة).

١١-٣- وينبغي عدم إجراء تصوير إشعاعي في مواقع خارجية إلا عندما يتعذر عملياً إجراؤه في حظيرة مدرّعة. ويمكن أن ينطبق ذلك على الحالات التي تكون فيها الأجسام المراد تصويرها إشعاعياً مثبتة بشكل دائم في المكان أو عندما تكون أكبر أو أثقل من أن تنقل. وحيثما يمكن عملياً نقل الأجزاء المراد فحصها، ينبغي إجراء التصوير الإشعاعي في حظيرة مدرّعة مزوّدة بكل احتياطات الأمان حسب ما هو مبين في القسم ١٠.

١١-٤- ويمكن إجراء أعمال التصوير الإشعاعي الخارجي باستخدام أجهزة التصوير بأشعة غاما، أو معدات الأشعة السينية، أو السرعات النقالة.

الاستعداد للتصوير الإشعاعي الخارجي

١١-٥- يتأثر التصوير الإشعاعي الخارجي بعدد من ظروف الموقع. ويشمل تخطيط التشغيل الأمان مراعاة المكان، ووجود عاملين وأفراد من الجمهور بالقرب من المكان، والأحوال الجوية، والوقت الذي يتم فيه التصوير في أثناء اليوم، وما إن كان يلزم العمل في مكان مرتفع، أو في مكان محصور، أو في ظروف صعبة أخرى. وينبغي قبل البدء في أعمال التصوير الإشعاعي إجراء تقييم شامل لبيئة العمل بمعرفة المنظمة المشغّلة لتحديد أي مسائل ينبغي معالجتها فيما يتعلق بالموقع المحدد.

١١-٦- وينبغي للمنظمات المشغّلة التي تجري تصويراً إشعاعياً في مواقع خارجية أن تتأكد من وجود ما لا يقل عن اثنين من المصورين الإشعاعيين، يكون أحدهما مسؤولاً عن الوقاية الإشعاعية (ما لم يرد ما ينص على خلاف ذلك في المتطلبات الرقابية) لكل مصدر إشعاعي.

التعاون مع العميل

١١-٧- ينبغي في الحالات التي يكون من المزمع فيها إجراء تصوير إشعاعي في موقع العميل بدلاً من موقع المنظمة المشغّلة التشاور مع العميل بشأن الإعداد والتخطيط. وينبغي أن يشمل ذلك اختيار المكان والوقت المناسبين للتصوير الإشعاعي المزمع إجراؤه. وينبغي أن يناقش الطرفان الأمور المتعلقة باللافتات وإشارات التحذير والإنذار المزمع استخدامها في أثناء إجراء التصوير الإشعاعي لتلافي أي التباس محتمل في الموقع والالتزام في الوقت ذاته بالمتطلبات الرقابية.

١١-٨- وينبغي أن يوفر العميل معلومات عن أي نُظم لكشف الإشعاع (مثل بعض أنواع كواشف الدخان) في المبنى نظراً لاحتمال تأثر تلك الأجهزة بأعمال التصوير الإشعاعي. وينبغي أن يكون المصورون الإشعاعيون على وعي بأي أخطار ينطوي عليها الموقع. وينبغي التقيد بنظام تصاريح العمل المتبع لدى العميل. وينبغي تزويد العميل بنسخة من القواعد المحلية وخطط الطوارئ الخاصة بالمنظمة المشغّلة.

١١-٩- وينبغي الاتفاق بين المنظمة المشغلة والعميل على الجدول الزمني المقرر للعمل، والمدة التي سيستغرقها إجراء أعمال التصوير الإشعاعي. وينبغي أن يتيح العميل للمصورين الإشعاعيين الوقت الكافي لإجراء أعمال التصوير الإشعاعي بأمان ولا اتخاذ كافة تدابير الأمان المطلوبة.

١١-١٠- وينبغي للمنظمة المشغلة أن تبلغ العميل بنوع مصدر الإشعاع الذي تزمع استخدامه في الموقع. وينبغي أن تتأكد من إمكانية التخزين السليم للمصادر المشعة التي تعتزم تخزينها في الموقع ليلاً (قد يتطلب ذلك استصدار ترخيص منفصل من الهيئة الرقابية).

تعيين حدود المنطقة الخاضعة للرقابة

١١-١١- وينبغي إجراء التصوير الإشعاعي الخارجي في منطقة محددة بأنها خاضعة للرقابة. وينبغي عدم السماح بإجراء أي أعمال أخرى في هذه المنطقة لحين الانتهاء من أعمال التصوير الإشعاعي ورفع الرقابة عن المنطقة. وينبغي تعيين حدود المنطقة الخاضعة للرقابة بما يضمن أن الجرعات المحتمل أن يتلقاها الأشخاص خارجها أقل من مستويات الجرعات المرجعية ذات الصلة.

١١-١٢- ويجوز للهيئة الرقابية أن تحدد معدلات قصوى للجرعة المسموح بها عند الحواجز في أثناء إجراء التصوير الإشعاعي الخارجي، مع ملاحظة أن القيم النمطية تتراوح بين ٢,٥ و ٢٠ ميكروسيفر. ساعة^١ وينبغي استخدام المسدّات حيثما أمكن عملياً في مولدات الأشعة السينية ومصادر التصوير بأشعة غاما لتضييق المنطقة الخاضعة للرقابة. وينبغي أيضاً استخدام دروع موضعية إضافية حسب الاقتضاء (مثل رقائق الرصاص).

١١-١٣- وينبغي تعيين حدود المنطقة الخاضعة للرقابة بوسائل مادية حيثما كان من الممكن عملياً إجراء ذلك. وينبغي أن يشمل ذلك استخدام الهياكل القائمة بالفعل، مثل الجدران، أو استخدام الحواجز المؤقتة أو تطويق المنطقة بشريط حاجز. وينبغي توخي العناية لضمان منع الوصول دون إذن إلى المنطقة الخاضعة للرقابة.

١١-١٤- وينبغي توخي الحرص بشكل خاص عند إجراء تصوير إشعاعي في المنشآت الصناعية أو في مواقع التشييد التي تضم عدة طوابق يمكن أن تكون مأهولة بأشخاص وتحتوي على سلالم نقالة أو درج أو ما إلى ذلك. وينبغي أن يتأكد المصورون الإشعاعيون من عدم إمكانية الوصول إلى أي منطقة خاضعة للرقابة من خلال الطوابق التي تعلو منطقة العمل أو توجد تحتها.

١١-١٥- وينبغي أن يضع المصورون الإشعاعيون لوحة التحكم الخاصة بموَلد الإشعاع أو جهاز تشغيل مصدر غاما في مكان يضمن التقليل إلى أدنى حد من الجرعات التي يتلقونها عند بدء التعريض أو إنهائه.

إشارات الإنذار

١١-١٦- ينبغي إصدار إشارات إنذار كافية للتنبيه بأنه سيجري تعريض إشعاعي، وبأن توليد الإشعاع جارٍ بالفعل، أو بأن مصدر أشعة غاما معرض بالفعل. وينبغي أن تكون الإشارتان مختلفتين حتى يمكن التمييز بينهما. وينبغي أن تكون الإشارات مسموعة أو مرئية. وتكون عموماً إشارات الإنذار الأولية مسموعة (بوق أو صفارة أو جرس) بينما تكون إشارات الإنذار التي تحذر من وجود 'مصدر معرض' مرئية (كأن تكون مثلاً إشارات ضوئية متقطعة). ويمكن تشغيل هذه الإشارات يدوياً عندما تكون المصادر المشعة قيد الاستخدام. وينبغي أن تعمل تلقائياً مع معدات الأشعة السينية.

١١-١٧- وينبغي أن تكون الإشارات مسموعة بوضوح و/أو يمكن رؤيتها من كل النقاط الواقعة حول حاجز المنطقة الخاضعة للرقابة. وقد يلزم تزويد نظام الإنذار بإشارات تابعة إضافية.

اللافتات

١١-١٨- ينبغي وضع لافتات تحذيرية في أماكن مناسبة على حدود المنطقة الخاضعة للرقابة. وينبغي أن تحمل اللافتات رمز الخطر الإشعاعي (الوريقات الثلاث) وتحذيرات وتعليمات ملائمة بلغة معروفة محلياً. وينبغي أن تشرح أيضاً معنى إشارة 'الإنذار الأولي' وإشارة التحذير من 'مصدر معرض'. وقد يكون من الملائم في بعض الحالات وضع لافتات إضافية عند مدخل المبنى لإبلاغ الأشخاص الذين يدخلون الموقع أن أعمال التصوير الإشعاعي ستبدأ بعد قليل.

تفقد ورصد الحدود

١١-١٩- ينبغي قبل البدء في أعمال التصوير الإشعاعي إخلاء المنطقة من جميع الأشخاص باستثناء المصورين الإشعاعيين الذين سيقومون بإجراء التصوير الإشعاعي. وينبغي قبل بدء التعريض أن يتأكد المصورون الإشعاعيون من عدم وجود أي أشخاص داخل المنطقة الخاضعة للرقابة وأنه قد تم منع الوصول إليها.

١١-٢٠- وينبغي أن تكون حدود المنطقة الخاضعة للرقابة بادية بوضوح للعيان وأن تكون جيدة الإضاءة، وأن تخضع لمراقبة مستمرة في أثناء التصوير الإشعاعي لضمان عدم دخول أي أشخاص إليها دون إذن. وينبغي أن يتولى أكثر من شخص مراقبة الحدود إذا كانت المنطقة كبيرة أو إذا تعذرت رؤيتها جميعاً من أماكن معينة.

١١-٢١- وينبغي قياس معدلات الجرعة حول الحواجز في أثناء تعريض اختباري (أو في أثناء التعريض الأول، تبعاً للظروف) للتأكد من وضع الحواجز في مكانها الصحيح. وينبغي تعديل الحدود وتعيين المنطقة الخاضعة للرقابة عند اللزوم.

الرصد

أجهزة المسح المحمولة

١١-٢٢- ينبغي في عمليات التصوير الإشعاعي الخارجي إتاحة جهاز مسح محمول واحد على الأقل لكل مصدر من مصادر التصوير الإشعاعي. وينبغي قبل البدء في التصوير الإشعاعي اختبار الجهاز سواءً باستخدام مصدر اختبار أو باستخدام جهاز تعريض للحصول على قراءة مرجعية. ولا بد أن يبين الاختبار عند استخدام جهاز تعريض يحتوي على مصدر مشع أن الجهاز يعمل بشكل صحيح، وينبغي أن يؤكد أيضاً أن مصادر أشعة غاما موجودة داخل درعها الواقى.

١١-٢٣- والهدف الرئيسي للرصد في أثناء التصوير الإشعاعي هو التأكد من أن مصدر أشعة غاما موجود داخل درعه الواقى أو التأكد من توقف انبعاث الأشعة السينية بعد كل تعريض. وينبغي دوماً تشغيل أجهزة المسح المحمولة عند الاقتراب من أجهزة التصوير الإشعاعي نظراً لاحتمال أن يكون مصدر أشعة غاما عالقاً في مكان التعريض أو احتمال عدم توقف تعريض الأشعة السينية.

مقاييس الجرعات الشخصية وأجهزة الرصد المزودة بإنذار

١١-٢٤- ينبغي أن يحمل المصورون الإشعاعيون مقاييس جرعات شخصية، مثل مقاييس الجرعات بالوميض الحراري ومقاييس الجرعات ذات القراءة المباشرة في جميع أوقات إجراء تصوير إشعاعي خارجي. وينبغي أن يقيّم المصورون الإشعاعيون مقاييس الجرعات ذات القراءة المباشرة (انظر القسم ٦) دورياً لرصد الجرعات التي يتلقونها في أثناء العمل.

١١-٢٥- ومن المفيد بشكل خاص استخدام أجهزة رصد شخصية مزودة بإنذار (انظر القسم ٦) في أعمال التصوير الإشعاعي الخارجي. ولا بد من إدراك أن هذه الأجهزة أدوات رئيسية تساعد على تحديد الحوادث الممكنة. ويمكن ضبط هذه الأجهزة مسبقاً لكي تصدر إشارات التحذيرية عندما يزيد معدل الجرعة عن مستوى محدد. ويمكن أن تصدر إشارات مسموعة أو مرئية أو ذبذبات عندما يدخل المصور الإشعاعي منطقة يكون معدل الجرعة فيها مرتفعاً.

١١-٢٦- وينبغي أن يحمل المصورون الإشعاعيون جهاز رصد مزوداً بإنذار طويلة المدة التي قد يتعرضون فيها لإشعاع مؤين. على أنه لا يجوز النظر إلى أجهزة الرصد

الشخصية المزودة بإنذار كبديل عن أجهزة المسح المحمولة التي ينبغي استخدامها هي الأخرى.

احتياطات إضافية للتصوير الخارجي بأشعة غاما

المعدات

١١-٢٧- ينبغي ألا يُستخدم في التصوير بأشعة غاما في مواقع خارجية سوى المعدات المصنوعة خصيصاً لهذا الغرض. وينبغي أن يكون المصور الإشعاعي مُلماً بكل المعدات وطريقة تشغيلها ومشاكلها المحتملة. وينبغي أن يكون أيضاً على فهم بالمصدر وشكله وطريقة تعريضه وما ينطوي عليه ذلك من أهمية خاصة.

١١-٢٨- وينبغي في العادة اختيار النويدات المشعة المستخدمة في التصوير بأشعة غاما وفقاً لنوع الجسم المراد تصويره إشعاعياً وحجمه المادي. وينبغي للمنظمات المشغلة التي لديها العديد من مصادر غاما أن تستخدم المصدر الأقل نشاطاً عندما يحقق نفس النتائج المرجوة. فعند الاختيار مثلاً بين استخدام مصدر إيريدיום - ١٩٢ تبلغ قوة نشاطه ٣٧٠ جيجا بكرييل أو ٣٧٠٠ جيجا بكرييل إذا كان كلاهما يحقق نفس نتائج التصوير المرجوة ينبغي حينئذ استخدام المصدر الذي تبلغ قوة نشاطه ٣٧٠ جيجا بكرييل.

١١-٢٩- واستخدام مصادر منخفضة النشاط يمكن أن يحقق العديد من الفوائد، مثل:

- تضييق المناطق الخاضعة للرقابة وتسهيل إدارتها؛
- الحد من معدلات الجرعة عند الحواجز وفي موقع المشغل؛
- تقليل ما قد ينشأ من صعوبات في حال انحسار المصدر.

وينبغي النظر في استخدام تقنيات متقدمة، مثل تكثيف الصور أو الأفلام السريعة أو استخدام مجموعات من شاشات العرض. وينبغي استخدام تلك التقنيات حيثما أمكن للمساعدة على تقليل الجرعات التي يتلقاها المشغلون.

١١-٣٠- وينبغي عدم إجراء التصوير الإشعاعي إلا عندما يكون جهاز التعريض وكل المعدات الضرورية متاحة وبحالة جيدة. وينبغي أن تشمل تلك المعدات ما يلي:

- (أ) أجهزة مسح إشعاعي محمولة (بما في ذلك بطاريات احتياطية) وأجهزة قياس الجرعات الشخصية؛
- (ب) أنابيب توجيهه وكوابل تحكم وأجهزة تحكم من بُعد؛
- (ج) مسدندات ودروع موضعية؛
- (د) حواجز أو شرائط مؤقتة؛
- (هـ) لافتات وإشارات تحذيرية؛

- (و) مجموعات من أدوات الطوارئ، بما في ذلك أدوات مناولة المصدر من بُعد وحاوية مدرّعة احتياطية لاستخدامها في حالات الطوارئ؛
- (ز) ملحقات أخرى، مثل القامطات، لضمان تثبيت جهاز التعريض وأنبوب التوجيه في مكانهما بإحكام، ووسائل لضبط الوضع.
- ١١-٣١- وينبغي إجراء الفحوص التالية قبل استخدام معدات التصوير بأشعة غاما، وينبغي توصيفها في إجراءات التشغيل:

- (أ) فحص جهاز التعريض وأطراف الكوابل للتأكد من خلوها من أي تلف أو بلى أو أتربة. وينبغي أن يستخدم لهذا الغرض أدوات لتحديد مستوى البلى، مثل مقاييس فحص 'الاجتياز/عدم الاجتياز' التي توفرها الشركة المصنّعة.
- (ب) التحقق من أن المسامير والصواميل مربوطة بإحكام وأن أسنان المسامير والأجزاء الزنبركية خالية من أي تلف.
- (ج) التأكد من أن آلية إغلاق المصدر تعمل بشكل سليم.
- (د) فحص نهاية ضفيرة المصدر للتحقق من خلوها من أي بلى أو تلف والتأكد من سلامة اتصالها بكبل التحكم. وينبغي أن يستخدم لهذا الغرض جهاز مقياس البلى الذي توفره الشركة المصنّعة.
- (هـ) التحقق من الوصلات بين جهاز التعريض والكوابل لضمان التوصيل الآمن.
- (و) فحص جميع الكوابل وأنابيب التوجيه للتأكد من خلوها من أي قطع أو كسر أو التواء وعدم وجود أي تركيبات مكسورة.
- (ز) التحقق من وضوح العلامات التحذيرية وتفاصيل بطاقة المصدر.
- (ح) قياس مستويات الإشعاع بالقرب من سطح جهاز التعريض والتأكد من تدريب المصدر.
- (ط) التحقق من أن جهاز المسح الإشعاعي يعمل بشكل سليم وفقاً لدليل التشغيل.

١١-٣٢- وينبغي عند اكتشاف أي عيوب عدم استخدام المعدات إلا بعد استبدالها أو إصلاحها.

معدلات الجرعات العابرة

١١-٣٣- تزيد كثيراً معدلات الجرعة العابرة خارج الحدود في أثناء عمليات إخراج وإدخال مصدر التصوير الإشعاعي مقارنة بمعدلات الجرعة في أثناء التعريض الفعلي، عندما يكون المصدر في المسدد. وينبغي توخي المزيد من الحذر في أثناء تلك العمليات،

وبخاصة للتأكد من عدم وقوف أي أشخاص عند حدود المنطقة الخاضعة للرقابة، وينبغي إجراء عمليات إخراج وإدخال المصدر بسرعة.

تخزين المصادر المشعة في أماكن بعيدة

١١-٣٤- ينبغي عند اللزوم تخزين أجهزة التعريض المحتوية على مصادر مشعة داخل الموقع ليلاً أو خلال الفترات الفاصلة بين جلسات التصوير الإشعاعي. وينبغي تحديد مدى الحاجة إلى ذلك التخزين في مرحلة التخطيط، وينبغي اتخاذ ترتيبات مع مشغل الموقع لتوفير مرافق تخزين مناسبة وفقاً للمتطلبات الرقابية.

١١-٣٥- وينبغي أن تضم مرافق التخزين في الموقع غرفة يمكن إغلاقها بأقفال، ومخزن أو حفرة تخزين مخصصة لهذا الغرض. وينبغي أن يوفر ذلك نفس مستوى الوقاية التي توفرها مرافق التخزين في القاعدة الرئيسية للمنظمة المشعلة. وينبغي أن يوفر مرفق التخزين المناسب وقاية لأجهزة التعريض من الظروف البيئية السائدة، وينبغي أن يوفر أيضاً مستوى كافياً من الأمان. وينبغي أن يكون المخزن مقاوماً للحريق للتقليل إلى أدنى من إمكانية فقدان التدريع وفقد الاحتواء في حال نشوب حريق بالقرب من المخزن. وينبغي أن يقع المخزن على مسافة بعيدة من أي أخطار يمكن أن ينشأ عنها تآكل أو انفجار.

١١-٣٦- وينبغي بناء المخزن من مواد توفر تدريعاً كافياً للحد من معدلات الجرعة خارج المخزن إلى ما دون المستويات ذات الصلة التي تحددها الهيئة الرقابية. وينبغي تعيين المخزن كمنطقة خاضعة للرقابة أو منطقة خاضعة للإشراف حسب اللزوم.

١١-٣٧- وينبغي أن يبقى باب مرفق التخزين مغلقاً وعدم ترك مفتاحه إلا مع العاملين المرخص لهم ذلك. وينبغي وضع لافتة تحذيرية على الباب تحمل رمز الخطر الإشعاعي (الوريات الثلاث).

الانتهاء من العمل وإزالة المصادر من الموقع

١١-٣٨- ينبغي عند الانتهاء من أعمال التصوير الإشعاعي أن يستخدم المصورون الإشعاعيون جهاز رصد إشعاعي للتأكد من إعادة كل مصادر أشعة غاما تماماً إلى جهاز التعريض وعدم ترك أي مصادر في المكان المعرّض أو انفصالها عنه.

١١-٣٩- وينبغي للمصور الإشعاعي قبل مغادرة الموقع إجراء معاينة بصرية للتأكد من عدم تعرض المعدات لأي تلف. وينبغي تجهيز أجهزة التعريض لنقلها عن طريق إقفالها ووضع الأغذية الواقية عليها. وينبغي تثبيت جهاز التعريض وملحقاته في المركبة لتلافي تعرضه لأي أضرار في أثناء نقله.

احتياطات إضافية للتصوير بالأشعة السينية في المواقع الخارجية، بما في ذلك استخدام المسرّعات

١١-٤٠- تنطبق الإجراءات التي يناقشها هذا القسم على استخدام معدات وتقنيات الأشعة السينية، بما في ذلك استخدام المسرّعات والتصوير الإشعاعي الأني. ويرتبط اختيار الجهد الكهربائي لأنبوب الأشعة السينية في العادة ارتباطاً وثيقاً بمتطلبات جودة الصورة الإشعاعية. وينبغي اختيار تقنية التعريض (مثل استخدام المصدر داخل أو خارج الهدف المراد تصويره، والصور الإشعاعية الوحيدة الجدار الواحد أو ذات الجدارين) للحصول على جودة كبيرة للصورة والتقليل إلى أدنى حد من الجرعات التي يتلقاها الأشخاص في الأماكن القريبة من الموقع.

١١-٤١- وينبغي إجراء الفحوص التالية قبل الاستخدام وينبغي وصفها في إجراءات التشغيل:

- (أ) التحقق من عدم وجود أي تلف ظاهر في جميع أجزاء المعدات.
- (ب) التحقق من خلو أنبوب الأشعة السينية وجميع الأطراف غير المغطاة في الكبل من التلف والبلى والأتربة والرطوبة.
- (ج) التحقق من أن المسامير والصواميل مربوطة بإحكام وأن أسنان المسامير خالية من أي تلف.
- (د) فحص جميع الكوابل للتأكد من خلوها من أي قطع أو كسر أو التواء وعدم وجود أي تركيبات مكسورة.
- (هـ) التأكد من إمكانية قراءة إعدادات معامل التعريض.

١١-٤٢- وينبغي عند اكتشاف أي عيوب عدم استخدام المعدات لحين استبدالها أو إصلاحها.

١١-٤٣- وتولّد المسرّعات أشعة سينية قوية للغاية. ويمكن أن يتراوح معدل الجرعة في الحزمة الإشعاعية الرئيسية المنبعثة من المسرّع بين ٥٠ ملي غراي/دقيقة (٣ غراي/ساعة) في حالة المسرّعات المحمولة و٤ غراي/دقيقة (٢٤٠ غراي/ساعة) في حالة المسرّعات النقالة. ويرتفع معدل الجرعة حول الجهاز كثيراً عن معدل الجرعة في التصوير بالأشعة السينية التقليدية. وينبغي اتخاذ تدابير رقابة أشمل للحد من تعرض المصورين الإشعاعيين والأشخاص الآخرين بالقرب من مكان التصوير.

١١-٤٤- وإضافة إلى ذلك ينبغي استخدام أجهزة المسح الإشعاعي المحمولة الملائمة التي تستجيب استجابة صحيحة لنبضات المجال الإشعاعي. وينبغي التأكد من أن أجهزة المسح المحمولة المستخدمة في التصوير التقليدي بأشعة غاما والأشعة السينية ملائمة قبل استخدامها مع مسرّعات.

١٢- نقل المصادر المشعة

النقل داخل موقع العمل

١٢-١- عندما يتقرر نقل أجهزة تعريض أشعة غاما داخل الموقع لإجراء تصوير إشعاعي ينبغي الاحتفاظ بها في مرفق تخزين لحين نقلها إلى المكان الجديد. وينبغي فصل الملحقات عن الأجهزة وتنشيط جميع السدادات والأغطية المطلوبة قبل النقل.

١٢-٢- وينبغي ألا تنقل المصادر إلا داخل أجهزة التعريض التي ينبغي إغلاقها ونزع مفاتيح أقفالها. وينبغي عند نقل جهاز التعريض باستخدام مركبة أو عربة أن يُثبت الجهاز بإحكام في المركبة أو العربة. وينبغي إبقاء أجهزة التعريض تحت المراقبة طيلة مدة نقلها في موقع العمل.

النقل إلى موقع آخر

١٢-٣- ينبغي عند نقل مصادر التصوير بأشعة غاما إلى موقع عمل آخر لأغراض التصوير الإشعاعي الخارجي الاحتفاظ بالمصادر في مرفق التخزين لحين نقلها إلى الموقع الجديد. وينبغي كما جاء أعلاه فصل الملحقات عن الأجهزة وتركيب جميع السدادات والأغطية المطلوبة قبل النقل.

١٢-٤- وينبغي ألا تنقل المصادر إلا في طرود تعلق وتنزع مفاتيح أقفالها. وينبغي أن تتأكد المنظمات المشغلة من أن النقل وطرود النقل تمتثل للوائح الوكالة بشأن النقل المأمون للمواد المشعة [٢٣] أو ما يعادلها من لوائح وطنية.

١٢-٥- وينبغي عند الاقتضاء مراعاة الصكوك الدولية الملزمة بشأن وسائل النقل المحددة، مثل التوجيهات التقنية لنقل البضائع الخطرة جواً بصورة آمنة [٣١] الصادرة عن منظمة الطيران المدني الدولي (إيكاو)، والمدونة البحرية الدولية للبضائع الخطرة [٣٢] الصادرة عن المنظمة البحرية الدولية.

١٢-٦- وقد تنطبق أيضاً الاتفاقات الإقليمية من قبيل الاتفاق الأوروبي المعني بالنقل البري الدولي للبضائع الخطرة [٣٣]، واتفاق الوصول الجزئي لتيسير نقل البضائع الخطرة الذي وقعته حكومات الأرجنتين والبرازيل وباراغواي وأوروغواي (السوق المشتركة الجنوبية/السوق المشتركة للمخروط الجنوبي) [٣٤]، والاتفاق الأوروبي المتعلق بنقل البضائع الخطرة على الطرق المائية الداخلية [٣٥].

١٢-٧- وتحدد لائحة الوكالة بشأن النقل المأمون للمواد المشعة مسؤوليات الأفراد المعنيين بنقل المواد المشعة: المرسل (أي شخص أو منظمة أو حكومة تتولى إعداد الشحنة للنقل)، والشركة الناقلة (أي شخص أو منظمة أو حكومة تضطلع بنقل مواد مشعة)، والمرسل إليه (أي شخص أو منظمة أو حكومة تتلقى شحنة ما). وتتولى المنظمة

المشغلة في الكثير من حالات التصوير الإشعاعي الخارجي إجراء كل الوظائف الثلاث ويتعين عليها أداء المسؤوليات المتصلة بكل وظيفة.

١٢-٨- وينطوي نقل المواد المشعة على تعقيدات، ولا يدخل العرض الشامل للمتطلبات ذات الصلة ضمن نطاق هذا الدليل. وترد إرشادات بشأن كيفية استيفاء المتطلبات المتعلقة بالنقل في المواد الاستشارية للوائح الوكالة المتعلقة بالنقل الآمن للمواد المشعة [٣٦].

١٢-٩- وقد صدرت عن الوكالة إرشادات بشأن أمن نقل المواد المشعة [٣٧].

١٣- التأهب والتصدي للطوارئ

عام

١٣-١- تولّد المصادر الإشعاعية المستخدمة في التصوير الإشعاعي الصناعي إصدارات إشعاعية قوية ويمكن أن تنتج على أخطار كبيرة. ووقعت حوادث أساساً نتيجة لخطأ من المشغل أو عطل في المعدات، وأسفرت تلك الحوادث عن تعرض العاملين وأفراد الجمهور لجرعات إشعاعية كبيرة [١٤-١٨].

١٣-٢- وتشمل الحالات النمطية التي أفضت إلى وقوع حوادث تعرض المصدر المشع أو جهاز الإشعاع لتلف نجم عنه انحشار المصدر في وضع التعريض، وانفصال صغيرة المصدر عن كيل التحريك، مما أفضى إلى ترك المصدر عن غير قصد في الموقع.

١٣-٣- ووقعت حالات خطيرة من التعرض الإشعاعي الزائد عندما لامس العاملون مصدراً غير مدرّج أو عندما عثر فرد من الجمهور على مصدر مشع مفقود وقام بأخذه. وتكون معدلات الجرعات في هذه الحالات كبيرة بما يكفي لإلحاق إصابة بالأشخاص في غضون ثوان أو دقائق. ونجمت في بعض الحالات حروق إشعاعية شديدة تطلبت بترأ أو أفضت إلى عواقب صحية وخيمة أخرى.

١٣-٤- وكان يمكن في الكثير من الحالات منع وقوع الحوادث التي تنتج عن استخدام مصادر تصوير إشعاعي صناعي أو التخفيف من عواقبها لو أُتخذت الاحتياطات التالية:

(أ) المصورون الإشعاعيون:

- ينبغي أن يكونوا مدربين ومؤهلين على النحو المناسب وأن تكون لديهم الكفاءة اللازمة لأداء العمل؛
- ينبغي اتباع القواعد المحلية والإجراءات الأخرى ذات الصلة؛
- ينبغي استخدام أجهزة المسح الإشعاعي قبل كل تعريض وبعده وفي أثناءه؛

— ينبغي التفطيش على المعدات وأجهزة المسح بانتظام وبصورة ملائمة قبل استخدامها؛

— ينبغي استخدام معدات الطوارئ استخداماً سليماً؛

— ينبغي إجراء مسح نهائي لمنطقة العمل قبل مغادرة الموقع.

(ب) ينبغي أن تفي معدات التصوير الإشعاعي (بما في ذلك ملحقاتها) بالمعايير المعمول بها.

١٣-٥- ولا تزال حالات الطوارئ تقع بالرغم من أن منع وقوع الحوادث هو خط الدفاع الأول. وينبغي للمنظمات المشغلة أن تعد خطط طوارئ مقدماً حتى تتمكن من الاستجابة بسرعة وبأمان كي تخفف من عواقب الحادث. وحالما تنتهي حالة الطوارئ ينبغي إعداد تقرير عنها. وينبغي أن يشمل التقرير استعراضاً نقدياً يتناول الطريقة التي نفذت بها الإجراءات وما يمكن استخلاصه من دروس للاستفادة منها في منع وقوع حوادث مماثلة في المستقبل، وكيفية تحسين خطط التصدي.

١٣-٦- ويتناول هذا القسم بالوصف الحوادث وحالات الطوارئ المحتملة في التصوير الإشعاعي الصناعي، وي طرح توصيات بشأن وضع خطط الطوارئ للتخفيف من عواقب الحوادث وحالات الطوارئ.

وضع خطط الطوارئ

١٣-٧- ترد المتطلبات المتعلقة بالالتزامات والمسؤوليات حيال التأهب والتصدي للطوارئ في معايير الأمان الأساسية [٢] وفي اثنين من معايير الأمان الصادرة عن الوكالة [٣٨، ٣٩]. ويمكن الحصول أيضاً على إرشادات بشأن وضع وتنفيذ خطط الطوارئ وأسلوب التدرج في تطوير القدرة المتكاملة على التصدي للطوارئ على المستويات التنظيمية والمحلية والوطنية [٤٠]. وينبغي عند إجراء التصوير الإشعاعي في موقع العمل مناقشة خطط الطوارئ معه.

١٣-٨- وينبغي أن يُحدد تقييم الأمان الذي تجريه المنظمة المشغلة الحوادث المحتملة التي يمكن أن تؤثر على العاملين وأفراد الجمهور أو البيئة. وينبغي استخدام ذلك كأساس لإعداد خطط الطوارئ وإجراءات التصدي لتلك الأحداث. وينبغي التشاور مع خبير مؤهل، حيثما أمكن، عند وضع خطط وإجراءات الطوارئ.

١٣-٩- ويمكن النظر إلى ترتيبات التأهب للطوارئ باعتبارها تتألف من عدة مراحل ينبغي أن يتصدى المشغل لكل منها:

(أ) تحديد الحوادث المحتملة في أثناء إجراء أعمال التصوير الإشعاعي الصناعي ثم تقييم المخاطر المصاحبة لها؛

- (ب) وضع خطط الطوارئ وإجراءات التعامل مع المخاطر المحددة؛
 (ج) تحديد معدات الطوارئ والحصول عليها؛
 (د) التدريب على تنفيذ خطط وإجراءات الطوارئ، بما في ذلك التدريب على استخدام معدات الطوارئ حسب اللزوم؛
 (هـ) التمرن على اختبار وتقييم تنفيذ خطة الطوارئ على فترات زمنية مناسبة؛
 (و) استعراض وتحديث خطط الطوارئ دورياً؛
 (ز) التقارير والبلاغات عن الحوادث وحالات الطوارئ.

١٣-١٠- وقد يتطلب تنفيذ خطة الطوارئ اشتراك منظمات خارجية وخبراء استشاريين مختصين في التصدي. وينبغي أن تتضمن الخطة تفاصيل واضحة عن أي استجابة خارجية، وينبغي التأكد من أن القائمين بالتصدي يدركون تماماً مسؤولياتهم ويقبلونها. وينبغي بصفة خاصة اتخاذ ترتيبات لوضع نظام للاتصال فوراً وبكفاءة بين جميع الأطراف المعنية. وينبغي أن تعرض المنظمات المشغلة خطط الطوارئ والترتيبات المصاحبة لها على الهيئة الرقابية، حسب الاقتضاء، عند التقدم بطلب الحصول على ترخيص.

أنواع الطوارئ

١٣-١١- يتبين من استعراض حالات طوارئ التصوير الإشعاعي أنه قد وقعت على مر التاريخ عدة أنواع من الحوادث التي انطوت عموماً على مصادر تصوير إشعاعي صناعي. وينبغي عند وضع خطط الطوارئ أن تنظر المنظمات المشغلة، حسب الاقتضاء، في أنواع الحوادث الواردة في الفقرتين ١٣-١٢ و ١٣-١٣ أدناه.
 ١٣-١٢- وفيما يتعلق بمعدات التصوير بأشعة غاما، ينبغي للمنظمة المشغلة أن تنظر في الحوادث التالية:

- (أ) انحشار مصدر في أنبوب التوجيه أو المُسدّد أو بالقرب من مدخل جهاز التعريض.
 (ب) حدوث تلف مادي يؤثر على التدريع.
 (ج) انفصال المصدر عن كبل التحريك وبقائه في أنبوب التوجيه.
 (د) بروز المصدر من طرف أنبوب التوجيه.
 (هـ) انحشار الجهاز الزحاف في أنبوب مع بقاء المصدر معرضاً.
 (و) فقد المصدر.
 (ز) نشوب حريق.
 (ح) وجود أشخاص في المنطقة الخاضعة للرقابة دون إذن في أثناء التعريض.

١٣-١٣- وفيما يتعلق بموَلِّدات الأشعة السينية، ينبغي أن تنتظر المنظمة المشغلة في الحوادث التالية:

- (أ) عدم توقف توليد الإشعاع بعد المدة الزمنية المحددة.
- (ب) توصيل مولد الأشعة السينية بالطاقة عن غير قصد.
- (ج) إخفاق المصور الإشعاعي في إنهاء توليد الإشعاع الخاضع لسيطرة يدوية.
- (د) حدوث عطل في نظام الأمان أو نظام الإنذار، بما في ذلك اتخاذ إجراء متعمد للسيطرة على النظام.
- (هـ) عطل آخر يتسبب في توليد أشعة سينية بطريقة أخرى غير الطرق الخاضعة للسيطرة.
- (و) تلف مادي يؤثر على التدريع أو الترشيح.
- (ز) وجود أشخاص في المنطقة الخاضعة للرقابة دون إذن في أثناء التعريض.

محتوى خطة الطوارئ الأساسية

١٣-١٤- ينبغي أن يتأكد المشغّلون أن خطط الطوارئ تتصدى لحالات الطوارئ التي من المعقول توقع حدوثها حسب ما هو محدد في تقييم الأمان. وتتوقف الاستجابة المحددة في حالات طوارئ التصوير الإشعاعي الصناعي على نوع الحادث، وقد تتفاوت تبعاً للظروف المحلية، مثل إجراء التصوير الإشعاعي من فوق سقالات أو على خط أنابيب في خندق.

١٣-١٥- وينبغي أن تسمح خطة الطوارئ بمرونة الاستجابة، مع التمرن على عناصر محددة في الاستجابة قبل تنفيذ الخطة. وينبغي أن تهدف خطط الطوارئ إلى الحد قدر المستطاع من التعرضات التي يمكن أن تنشأ عن الحادث. وينبغي أن تشمل خطة الطوارئ ما يلي:

- (أ) تقديم المشورة بشأن وقت تنفيذ الخطة.
- (ب) إجراء تدريب مسبق حسب اللزوم للعاملين الذين ينفذون الإجراءات.
- (ج) بيان مدى توفر معدات التصدي للطوارئ ومعلومات عنها.
- (د) بيانات تقنية وبيانات ذات صلة بالوقاية الإشعاعية في كل حالة.
- (هـ) الإجراءات التي ينبغي اتباعها في مختلف مراحل كل نوع من الطوارئ المحددة:

- ١' المرحلة الأولى، لاحتواء الحالة؛
- ٢' مرحلة التخطيط، لتخطيط مرحلة استعادة السيطرة والتمرن عليها؛
- ٣' مرحلة استعادة السيطرة، وذلك للسيطرة مرة أخرى على الحالة؛
- ٤' مرحلة ما بعد الطوارئ، لإعادة الحالة إلى طبيعتها؛

- ٥' مرحلة التبليغ: إعداد تقرير يشمل تقييماً للجرعات؛
 ٦' الإحالة إلى خبراء طبيين بعد التعرض الزائد حسب الاقتضاء.
 (و) تحديد الأشخاص المرخص لهم بتنفيذ مختلف مراحل الخطة.
 (ز) تحديد كل من ينبغي الاتصال بهم من أشخاص ومنظمات حسب اللزوم في مختلف مراحل الخطة، وكذلك أرقام الهواتف وأرقام الفاكس وعناوين البريد الإلكتروني ذات الصلة.

١٣-١٦- وينبغي، كحد أدنى، أن تقوم المنظمة المشغلة بما يلي لتقليل الجرعات إلى أدنى حد وللسماح بتقديم استجابة سليمة:

- (أ) تقييد دخول الأماكن القريبة من المصدر عن طريق التأكد من وضع الحواجز في المكان الصحيح حول المنطقة الخاضعة للرقابة في الحالة المعيّنة؛
 (ب) التأكد من إخطار مسؤول الوقاية الإشعاعية (وخبير مؤهل حسب اللزوم)؛
 (ج) التزام الهدوء والتحرك على مسافة آمنة وتخطيط الإجراءات التالية والتمرن على الإجراءات بدون المصدر وتنفيذ الخطة بعد ذلك؛
 (د) عدم دخول المناطق التي يمكن أن تكون فيها معدلات جرعات مرتفعة ولكن غير معروفة ما لم يكن الشخص يحمل جهاز مسح إشعاعي يعمل بصورة سليمة، ويفضّل أن يحمل جهاز رصد شخصي مزوّداً بإنذار و/أو مقياس جرعات ذا قراءة مباشرة؛
 (هـ) عدم لمس المصدر المشع بأي حال من الأحوال أو السماح للأيدي بالاقتراب منه؛
 (و) عدم تخطي السلطة أو الخبرة الفنية الشخصية؛
 (ز) التماس المساعدة من خبير مؤهل أو من مورّد المصدر عند اللزوم.

معدات الطوارئ

١٣-١٧- ينبغي أن يضمن المشغّلون سهولة الحصول على جميع معدات الطوارئ اللازمة للتعامل مع كل حالات الطوارئ التي من المعقول توقعها. وينبغي إجراء مراجعة منتظمة للتأكد من أن كل معدات الطوارئ الضرورية متاحة وتعمل بشكل سليم.

١٣-١٨- وينبغي أن تتاح المعدات التالية في حالات الطوارئ التي تنطوي على مصادر تصوير بأشعة غاما:

- أجهزة مسح إشعاعي ملائمة وتعمل بشكل سليم لقياس معدلات الجرعات المرتفعة والمنخفضة؛

- أجهزة قياس جرعات شخصية مزوّدة بإنذار وأجهزة قياس جرعات ذات قراءة مباشرة (وتُفضل مقاييس الجرعات الشخصية الإلكترونية بدلاً من مقاييس ألياف الكوارتز الكهربائية)؛
- مقاييس جرعات شخصية إضافية (مقاييس الجرعات بالوميض الحراري و/أو شارات أقلام قياس الجرعات)؛
- مواد ولافتات الحواجز؛
- أكياس من خرطوش الرصاص ورفائق إضافية من الرصاص؛
- مجموعة أدوات مناسبة ومعدات استعادة السيطرة على المصدر (ملاقط طويلة، وزردية، ومفكات، وقاطعات مسامير ملولبة، ومفتاح ربط يمكن ضبطه، ومنشار للمعادن، وكشاف كهربائي صغير)؛
- حاوية مدرّعة احتياطية لاستخدامها في حالات الطوارئ؛
- معدات اتصال (مثل الهواتف المحمولة، وأجهزة إرسال واستقبال لاسلكية)؛
- بطاريات احتياطية لأجهزة المسح، ومقاييس الجرعات الشخصية الإلكترونية، والهواتف المحمولة، والكشافات اليدوية؛
- أقلام وورق وحاسبة، وسجل حوادث؛
- أدلة المعدات

١٣-١٩- وعند الاشتباه بحدوث تلف في كبسولة المصدر، ينبغي توخي المزيد من الحذر من إمكانية تسرب المادة المشعّة من المصدر واحتمال تلوث الأشخاص والأشياء القريبة. ويتطلب كشف التلوث الإشعاعي وقياسه معدات رصد وخبرة متخصصة يرجح ألاّ تتمكن معظم الشركات التي تجري أعمال التصوير الإشعاعي من الحصول عليها بسهولة. وإذا كان هناك علم أو شك بحدوث تمزق في كبسولة المصدر، ينبغي أن تطلب المنظمة المشعّلة فوراً مشورة خبير مؤهل.

إجراءات الطوارئ المحددة

مصادر غاما

١٣-٢٠- يتضمن هذا القسم إرشادات عملية بشأن حالات الطوارئ التي تنطوي على مصادر غاما المستخدمة في أغراض التصوير الإشعاعي الصناعي. وبالرغم من أن الخطوات مرتّبة حسب تسلسل إجراءاتها، ينبغي تعديل هذا الترتيب عند اللزوم في أثناء التصدي. وعلى غرار كل حالات الطوارئ الإشعاعية، ينبغي إعطاء الأولوية الأولى لوقاية الأشخاص.

وينبغي للمصور الإشعاعي (بادئ التصدي):

(أ) أن يدرك أن حالة غير عادية قد نشأت وأنها قد تشكل حالة طوارئ.

- (ب) أن يلتزم الهدوء ويتعد عن المصدر المعرّض. وأن يتأكد من أن أي مصورين إشعاعيين آخرين في المكان يدركون أنه قد توجد مشكلة.
- (ج) أن يقيس معدلات الجرعة الإشعاعية ويسجل أي جرعات يقيسها باستخدام مقاييس الجرعات ذات القراءة المباشرة.
- (د) أن يضع أو يُعيد وضع حواجز حول المنطقة الخاضعة للرقابة على أساس المستويات المرجعية لمعدلات الجرعة بما يتفق مع المتطلبات الرقابية والإرشادات.
- (هـ) أن يمنع دخول المنطقة الجديدة الخاضعة للرقابة.
- (و) ألا يترك المنطقة الخاضعة للرقابة دون ملاحظة.
- (ز) أن يبلغ مسؤول الوقاية الإشعاعية في المنظمة المشغلة والعميل ويلتمس المساعدة.

وينبغي أن يقوم مسؤول الوقاية الإشعاعية بما يلي:

- (أ) تخطيط مسار معيّن للعمل على أساس إجراءات الطوارئ المحددة من قبل، مع الحرص على التقليل إلى أدنى حد من الجرعات التي يمكن تلقّيها نتيجة لاتباع هذا المسار.
- (ب) الابتعاد عن المنطقة الخاضعة للرقابة، والتمرن على مسار العمل المحدد في الخطة قبل دخول المنطقة الخاضعة للرقابة لتنفيذ خطة الطوارئ.
- (ج) تنفيذ مسار العمل المحدد في الخطة بالقدر الذي يسمح به التدريب والمعدات والتراخيص؛ وعدم السماح في أي ظرف من الظروف للمصدر بأن يلامس اليد أو أي أجزاء أخرى من الجسم.
- (د) تترك المنطقة الخاضعة للرقابة وينظر في المسار التالي مع استمرار مراقبة المنطقة الخاضعة للرقابة في حال عدم نجاح مسار الإجراءات.
- (هـ) طلب المساعدة التقنية، عند اللزوم، من خبير مؤهل أو من الشركة المصنّعة.
- (و) تقييم الجرعات التي تم تلقّيها وإعداد تقرير بعد انتهاء حالة الطوارئ وتأمين المصدر.
- (ز) إعادة مقاييس الجرعات الشخصية إلى مقدم خدمات قياس الجرعات لتقييم التعرضات بدقة.
- (ح) إرسال المعدات التالفة أو المعطوبة إلى الشركة المصنّعة أو إلى خبير مؤهل للكشف عليها بالتفصيل وإصلاحها قبل استخدامها مرة أخرى.
- (ط) إعداد تقرير عن الحادث وإبلاغ الهيئة الرقابية حسب الاقتضاء.

مولدات الأشعة السينية

١٣-٢١- ينبغي اتخاذ الخطوات التالية في الحالات غير العادية التي تنطوي على مولد للأشعة السينية.

ينبغي أن يقوم المصور الإشعاعي (بادئ التصدي) بما يلي:

- (أ) إدراك وقوع موقف غير عادي قد يشكل حالة طوارئ.
- (ب) فصل التيار الكهربائي عن معدات التصوير الإشعاعي.
- (ج) إجراء مسح إشعاعي للتأكد من فصل الطاقة الكهربائية عن الأنبوب.
- (د) عدم تحريك معدات التصوير الإشعاعي إلا بعد تسجيل تفاصيل من قبيل موقع المعدات واتجاه الحزمة الإشعاعية وإعدادات التعريض (الجهد الكهربائي في الأنبوب، والتيار الكهربائي، والوقت).
- (هـ) إبلاغ مسؤول الوقاية الإشعاعية بما حدث.
- (و) عدم استخدام مولد الأشعة السينية لحين فحصه وإصلاحه بمعرفة الشركة المصنعة أو خبير مؤهل.

وينبغي أن يقوم مسؤول الوقاية الإشعاعية بما يلي:

- (أ) تقييم الجرعات المحتمل تلقيها وإعداد تقرير عنها.
- (ب) إعادة مقاييس الجرعات الشخصية إلى مقدم خدمات قياس الجرعات لتقييم التعرضات بدقة.
- (ج) إعداد تقرير عن الحادث وإخطار الهيئة الرقابية حسب الاقتضاء.

التدريب والتمرين

١٣-٢٢- ينبغي أن يتدرب جميع الأشخاص المشاركين في تنفيذ خطط الطوارئ تدريباً كافياً على أداء أدوارهم بفعالية. وينبغي أن يشمل ذلك فهم الخطط والتعرف عليها إلى جانب التدريب المحدد على إجراءات استعادة المصدر واستخدام معدات الطوارئ.

١٣-٢٣- وينبغي ألا ينفذ الأفراد من العاملين إلا أجزاء خطط الطوارئ التي يتدربون عليها ويرخص لهم بتنفيذها وتكون لديهم معدات ملائمة لتنفيذها. وينبغي مراجعة ترتيبات التدريب دورياً لضمان استمرار تمكن العاملين من أداء أدوارهم.

١٣-٢٤- وينبغي تنظيم تمرينات على الطوارئ لاختبار المكونات الحاسمة في خطط الطوارئ على فترات تتفق مع الخطر المحتمل. وينبغي أن تصب أي دروس مستفادة في عمليات استعراض خطط الطوارئ.

الاستعراض الدوري للخطط والمعدات

١٣-٢٥- ينبغي إجراء استعراض رسمي لخطط الطوارئ سنوياً لضمان ما يلي:

- (أ) تحديد جميع الأشخاص والمنظمات التي ينبغي الاتصال بها عند اللزوم في مختلف مراحل الخطط، وتحديث أرقام الهواتف وأرقام الفاكس والبريد الإلكتروني ذات الصلة.
- (ب) إتاحة معدات الطوارئ وصيانتها.

١٣-٢٦- وينبغي أن يشمل الاستعراض الدوري ترتيبات لتحديث أي جوانب ذات صلة بخطط الطوارئ في الاستجابة للدروس المستفادة من التمارين أو من الحوادث وحالات الطوارئ.

الإبلاغ

١٣-٢٧- ينبغي أن يكون الهدف الرئيسي للتأهب والتصدي للطوارئ هو التخفيف من عواقب حالات الطوارئ. على أنه ينبغي ألا يقل أهمية عن ذلك إجراء استعراض نقدي للحالات التي تقع حتى يمكن الاستفادة من الدروس المستخلصة في تحسين المعدات وإجراءات الصيانة، وإجراءات التشغيل، وخطط الطوارئ. وتحقيقاً لهذه الغاية، ينبغي إعداد تقرير شامل عن أي حالة طوارئ أو حادث.

١٣-٢٨- وينبغي أن يُعد مسؤول الوقاية الإشعاعية، بمساعدة من خبراء مؤهلين عند اللزوم، تقارير عن أي حالات طوارئ أو حوادث. وينبغي رفع التقارير إلى الإدارة العليا وإلى الهيئة الرقابية حسب الاقتضاء. وإذا كان يمكن لعطل في المعدات أن يكون سبباً في وقوع حالة الطوارئ، ينبغي إخطار المورد حتى يمكن تقييم المعدات واتخاذ الإجراءات الملائمة.

١٣-٢٩- وينبغي أن يشمل تقرير الحادث أو الطوارئ ما يلي:

- (أ) وصف الحادث أو حالة الطوارئ، على أن يتضمن هذا الوصف أكبر قدر ممكن من تفاصيل المعدات المستخدمة. وينبغي أن تشمل التفاصيل رقم الطراز والرقم المسلسل حيثما أمكن.
- (ب) الظروف البيئية وقت وقوع الحادث أو حالة الطوارئ، مع الإشارة بشكل خاص إلى مدى مساهمة تلك الظروف أو عدم مساهمتها بأي دور ملموس في وقوع حالة الطوارئ أو الحادث أو التأثير على النتائج.
- (ج) الأسباب المحددة للحادث أو حالة الطوارئ.

- (د) تفاصيل الإجراءات المتخذة لاستعادة السيطرة على الحالة وإعادة الظروف إلى طبيعتها، مع الإشارة على وجه الخصوص إلى أي إجراءات تكون قد ساهمت بأي دور مفيد أو ضار ملموس.
- (هـ) تدريب وخبرة العاملين المعنيين.
- (و) تقييم وتلخيص الجرات التي تلقاها جميع الأشخاص المتأثرين.
- (ز) التوصيات المطروحة بغرض منع وقوع حوادث وحالات طوارئ مماثلة في المستقبل، والتخفيف من العواقب في حال وقوع حوادث أو حالات طوارئ مماثلة أو متعلقة بذلك.

١٣-٣٠- وينبغي إرسال نسخة من التقرير إلى الهيئة الرقابية، وبخاصة إذا كانت شروط الترخيص أو إذا كانت اللوائح الوطنية تقضي بذلك. وينبغي تعميم الدروس المستفادة بين كل المعنيين، بمن فيهم الشركة المصنّعة عند الاقتضاء، وإجراء أي تحسينات ضرورية لتعزيز الأمان.

تذييل

تصنيف الوكالة للمصادر المشعة

ألف-١- يتضمن دليل أمان الوكالة بشأن تصنيف المصادر المشعة [١٩] نظاماً تصنف به على وجه الخصوص المصادر المشعة المستخدمة في الصناعة والطب والزراعة والبحوث والتعليم. ويمكن أيضاً تطبيق نظامها عند الاقتضاء في السياقات الوطنية على المصادر المشعة المستخدمة في البرامج العسكرية.

ألف-٢- ويوفر دليل الأمان [١٩] الأساس المتساوق دولياً لاتخاذ القرارات عن علم مسبق بالمخاطر. ويقوم نظام التصنيف على أساس وسيلة منطقية وشفافة تضمن له مرونة التطبيق على طائفة واسعة من الظروف. ويمكن اتخاذ قرارات عن علم مسبق بالمخاطر ضمن نهج تدرجي للتحكم الرقابي في المصادر المشعة لأغراض الأمان والأمن.

ألف-٣- ويستند نظام التصنيف إلى مفهوم 'المصادر الخطرة' - المحددة مقاديره على أساس 'القيم الخطرة D' [٤١]. وتمثل القيمة الخطرة D النشاط النوعي للنويدات المشعة في مصدر قادر، في حال عدم التحكم به، على إحداث آثار قطعية خطيرة في مجموعة من السيناريوهات تتضمن التعرض الخارجي من مصدر غير مدرع والتعرض الداخلي نتيجة تشتت المادة المصدرية.

الجدول ألف-١: نشاط النويدات المشعة المستخدمة في التصوير الإشعاعي الصناعي الذي يناظر المستويات الحدية للفئات

النوية المشعة	الفئة ١	الفئة ٢	الفئة ٣
	$1000 \times$ القيمة الخطرة D	$10 \times$ القيمة الخطرة D	D
	(تيرا بكريل) (كوري)	(تيرا بكريل) (كوري)	(تيرا بكريل) (كوري)
كوبالت - ٦٠	$10 \times 8,0$ $10 \times 3,0$	$10 \times 3,0$ $8,0$	$10 \times 8,0$ $10 \times 3,0$
سيزيوم - ١٣٧	$10 \times 3,0$ $10 \times 1,0$	$10 \times 3,0$ $1,0$	$3,0$ $10 \times 1,0$
إيريديوم - ١٩٢	$10 \times 2,0$ $10 \times 8,0$	$10 \times 2,0$ $10 \times 8,0$	$2,0$ $10 \times 8,0$
سلينيوم- ٧٥	$10 \times 5,0$ $10 \times 2,0$	$10 \times 5,0$ $2,0$	$5,0$ $10 \times 2,0$
ثوليوم- ١٧٠	$10 \times 5,0$ $10 \times 2,0$	$10 \times 5,0$ $10 \times 2,0$	$10 \times 5,0$ $10 \times 2,0$
يتربيوم- ١٦٩	$10 \times 8,0$ $10 \times 3,0$	$10 \times 8,0$ $3,0$	$8,0$ $10 \times 3,0$

١ ترد القيم الأولية الواجب استخدامها بالتيرا بكريل. وترد القيم بوحدة الكوري لتحقيق فائدة عملية وتقرب هذه القيم بعد التحويل.

الجدول ألف-٢: الفئات الموصى بها للمصادر المستخدمة في الممارسات الشائعة في التصوير الإشعاعي

الفئة	المصدر	نسبة النشاط إلى القيمة الخطرة ^(أ،ب)
١	المولدات الكهربائية الحرارية العاملة بالنظائر المشعة أجهزة التشعيع مصادر العلاج عن بُعد مصادر العلاج عن بُعد الثابتة والمتعددة الحُزم (مشرط غاما)	نسبة النشاط إلى القيمة الخطرة تفوق أو تساوي ١٠٠٠
٢	مصادر التصوير الصناعي بأشعة غاما مصادر العلاج الإشعاعي عن قُرب	نسبة النشاط إلى القيمة الخطرة أقل من ١٠٠٠ وتفوق أو تساوي ١٠
٣	المقاييس الصناعية الثابتة التي تحتوي على مصادر ذات نشاط إشعاعي قوي ^(ج) مقاييس تسجيل بيانات الأبار	نسبة النشاط إلى القيمة الخطرة أقل من ١٠ وتفوق أو تساوي ١
٤	مصادر العلاج عن قُرب بمعدل جرعة منخفضة (باستثناء عمليات الترقيع موضعي والزراعة الدائمة في العين) المقاييس الصناعية التي لا تحتوي على مصادر ذات نشاط إشعاعي قوي أجهزة قياس كثافة العظام أجهزة إزالة الكهرياء الأستاتيكية	
٥	مصادر العلاج عن قُرب بجرعات منخفضة (عمليات الترقيع موضعي في العين) والزراعة الدائمة أجهزة فلورة الأشعة السينية أجهزة التقاط الإلكترونات المصادر المستخدمة في تقنية موبساري لقياس الطيف مصادر الفحوصات باستخدام التصوير المقطعي بالانبعاث البوزيتروني	نسبة النشاط إلى القيمة الخطرة أقل من ٠,١ ونسبة النشاط إلى القيمة الخطرة أكبر من قيم الإغفاء ^(د)

- (أ) يعبر عن نشاط المصدر بالتيرا بكريل. وروعت عوامل أخرى غير نسبة النشاط والقيم الخطرة عند تصنيف المصادر ضمن فئة ما (انظر المرفق الأول من المرجع [١٩]).
- (ب) يمكن استخدام هذا العمود لتعيين فئة مصدر ما بالاستناد فقط إلى نسبة النشاط إلى القيمة الخطرة للمصدر الخطر. وقد يكون ذلك ملائماً في الحالات التي تكون فيها الممارسة غير معروفة أو غير واردة في القائمة، أو إذا كان العمر النصفى للمصادر قصيراً أو/أو كانت المصادر غير مختومة، أو إذا كانت المصادر مجمعة [١٩].
- (ج) ترد أمثلة عن ذلك في دليل الأمان المتعلق بالتصنيف [١٩].
- (د) الكميات المعفاة واردة في الجدول الأول من معايير الأمان الأساسية [٢].

اضمحلال المصادر

ألف-٤- إذا اضمحل مستوى النشاط الإشعاعي لمصدر إلى ما دون المستوى الحدي الوارد في الجدول ألف-١ أو إلى أقل من المستوى المستخدم عادة في الممارسة الشائعة (حسب ما هو مبين في الجدول ألف-٢)، يجوز للهيئة الرقابية أن تسمح للجهة المشغلة بإعادة تصنيف المصدر وإعادة إدراجه ضمن مستوى أمني أقل على أساس نسبة النشاط إلى القيمة الخطرة.

تجميع المصادر

ألف-٥- هناك حالات يوجد فيها العديد من المصادر المشعة على مقربة من بعضها الآخر، مثلما في عمليات التصنيع (في نفس الغرفة أو المبنى مثلاً) أو في مرافق التخزين (كأن تكون مثلاً في نفس الحظيرة). ويمكن للهيئة الرقابية في تلك الظروف أن تجمع نشاط المصادر لتحديد تصنيف يناسب تلك الحالة تحديداً لأغراض تنفيذ تدابير الرقابة التنظيمية.

ألف-٦- وينبغي في هذا النوع من الحالات تقسيم مجموع نشاط النويدات على القيمة الخطرة الملائمة، وينبغي مقارنة نسبة النشاط إلى القيمة الخطرة مع نسب النشاط إلى القيمة الخطرة المحددة في الجدول ألف-٢. ويسمح ذلك بتصنيف مجموعة المصادر على أساس النشاط. وفي حال تجميع مصادر محتوية على العديد من النويدات المشعة المختلفة، ينبغي حينئذ استخدام حاصل جمع نسب النشاط إلى القيمة الخطرة في تحديد الفئة وفقاً للصيغة التالية:

$$\text{aggregate } A/D = \sum_n \frac{\sum_i A_{i,n}}{D_n}$$

حيث:

$A_{i,n}$ هو نشاط المصدر i المحتوي على النويدات المشعة n ؛

D_n هي القيمة الخطرة D للنويدات المشعة n .

ألف-٧- وينبغي بعد ذلك مقارنة المجموع المحسوب لقيمة نسبة النشاط إلى القيمة الخطرة مع نسب النشاط إلى القيمة الخطرة حسب ما هو وارد في الجدول ألف-٢ لتحديد مستوى الأمن الملائم للمصادر المشتركة في نفس المكان. ويمكن الحصول من المرجع [١٩] على إرشادات إضافية بشأن تجميع نشاط المصادر المشعة.

المراجع

- [١] الوكالة الدولية للطاقة الذرية، الإطار الحكومي والقانوني والرقابي للأمان، سلسلة معايير الأمان الصادرة عن الوكالة، GSR Part 1، الوكالة الدولية للطاقة الذرية، فيينا (٢٠١٠).
- [٢] منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة، والوكالة الدولية للطاقة الذرية، ومنظمة العمل الدولية، ووكالة الطاقة النووية التابعة لمنظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي، ومنظمة الصحة للبلدان الأمريكية، ومنظمة الصحة العالمية، معايير الأمان الأساسية الدولية للوقاية من الإشعاعات المؤينة ولأمان المصادر الإشعاعية، سلسلة وثائق الأمان التي تضعها الوكالة، العدد رقم ١١٥، الوكالة الدولية للطاقة الذرية، فيينا (١٩٩٦).
- [3] FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, INTERNATIONAL LABOUR OFFICE, PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION, WORLD HEALTH ORGANIZATION, Regulatory Control of Radiation Sources, IAEA Safety Standards Series No. GS-G-1.5, IAEA, Vienna (2004).
- [4] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Safety of Radiation Generators and Sealed Radioactive Sources, IAEA Safety Standards Series No. RS-G-1.10, IAEA, Vienna (2006).
- [٥] الوكالة الدولية للطاقة الذرية، مسرد مصطلحات الأمان الصادر عن الوكالة الدولية للطاقة الذرية، المصطلحات المستخدمة في مجالي الأمان النووي والوقاية من الإشعاعات، طبعة ٢٠٠٧، الوكالة الدولية للطاقة الذرية، فيينا (٢٠٠٧).
- [6] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Training Guidelines in Nondestructive Testing Techniques: 2008 Edition, IAEA-TECDOC-628, Rev. 2, IAEA, Vienna (2008).
- [٧] الوكالة الدولية للطاقة الذرية، ومكتب العمل الدولي، الوقاية الإشعاعية المهنية، سلسلة معايير الأمان الصادرة عن الوكالة، العدد رقم RS-G-1.1، الوكالة الدولية للطاقة الذرية، فيينا (١٩٩٩).
- [٨] الوكالة الدولية للطاقة الذرية، النظام الإداري للمرافق والأنشطة، سلسلة معايير الأمان الصادرة عن الوكالة، العدد رقم GS-R-3، الوكالة الدولية للطاقة الذرية، فيينا (٢٠١١).

- [9] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Quality Management Systems — Requirements, ISO 9001:2000, ISO, Geneva (2000).
- [10] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Application of the Management System for Facilities and Activities, IAEA Safety Standards Series No. GS-G-3.1, IAEA, Vienna (2006).
- [11] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Training in Radiation Protection and the Safe Use of Radiation Sources, Safety Reports Series No. 20, IAEA, Vienna (2001).
- [١٢] الوكالة الدولية للطاقة الذرية، ومكتب العمل الدولي، ومنظمة الصحة للبلدان الأمريكية، ومنظمة الصحة العالمية، بناء الكفاءة في الوقاية الإشعاعية والاستخدام الآمن للمصادر المشعة، سلسلة معايير الأمان الصادرة عن الوكالة، العدد رقم RS-G-1.4، الوكالة الدولية للطاقة الذرية، فيينا (٢٠٠١).
- [١٣] الوكالة الدولية للطاقة الذرية، ومكتب العمل الدولي، تقويم التعرض المهني الناجم عن المصادر الخارجية للإشعاع، سلسلة معايير الأمان الصادرة عن الوكالة، العدد رقم RS-G-1.3، الوكالة الدولية للطاقة الذرية، فيينا (١٩٩٩).
- [14] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Radiological Accident in Cochabamba, IAEA, Vienna (2004).
- [15] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Radiological Accident in Gilan, IAEA, Vienna (2002).
- [16] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Radiological Accident in Yanango, IAEA, Vienna (2000).
- [17] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Radiological Accident in Nueva Aldea, IAEA, Vienna (2009).
- [18] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Lessons Learned from Accidents in Industrial Radiography, Safety Reports Series No. 7, IAEA, Vienna (1998).
- [١٩] الوكالة الدولية للطاقة الذرية، تصنيف المصادر المشعة، سلسلة معايير الأمان الصادرة عن الوكالة، رقم RS-G-1.9، الوكالة الدولية للطاقة الذرية، فيينا، (٢٠٠٩)
- [٢٠] الوكالة الدولية للطاقة الذرية، مدونة قواعد السلوك بشأن أمان المصادر الإشعاعية وأمنها، IAEA/CODEOC/2004، الوكالة الدولية للطاقة الذرية، فيينا، (٢٠٠٤)

- [٢١] الوكالة الدولية للطاقة الذرية، مدونة قواعد السلوك بشأن أمان المصادر الإشعاعية وأمنها، إرشادات بشأن استيراد المصادر المشعة وتصديرها، IAEA/CODEOC/IMP-EXP/2005، الوكالة الدولية للطاقة الذرية، فيينا، (٢٠٠٥).
- [٢٢] الوكالة الدولية للطاقة الذرية، أمن المصادر المشعة، العدد ١١ من سلسلة الوكالة للأمن النووي، الوكالة الدولية للطاقة الذرية، فيينا، (٢٠١١).
- [٢٣] الوكالة الدولية للطاقة الذرية، لائحة النقل المأمون للمواد المشعة: طبعة ٢٠٠٩، سلسلة معايير الأمان الصادرة عن الوكالة، رقم TS-R-1، الوكالة الدولية للطاقة الذرية، فيينا (٢٠٠٩).
- [24] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Radiation Protection — Sealed Radioactive Sources — General Requirements and Classification, ISO 2919:1999, ISO, Geneva (1992).
- [25] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Radiation Protection — Sealed Radioactive Sources — Leakage Test Methods, ISO 9978:1992, ISO, Geneva (1992).
- [26] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Radiation Protection — Apparatus for Industrial Gamma Radiography — Specifications for Performance, Design and Tests, ISO 3999:2004, ISO, Geneva (2004).
- [27] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Basic Ionizing Radiation Symbol, ISO 361:1975, ISO, Geneva (1975).
- [28] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION, Safety of Machinery — Electrical Equipment of Machines — Part 1: General Requirements, IEC Standard 60204-1, IEC, Geneva (2005).
- [٢٩] الوكالة الدولية للطاقة الذرية، إخراج المرافق التي تُستخدم فيها مواد مشعة من الخدمة، سلسلة معايير الأمان الصادرة عن الوكالة، العدد رقم WS-R-5، الوكالة الدولية للطاقة الذرية، فيينا (٢٠٠٩).
- [٣٠] الوكالة الدولية للطاقة الذرية، إيقاف تشغيل المنشآت الطبية والصناعية والبحثية، سلسلة معايير الأمان الصادرة عن الوكالة، العدد رقم WS-G-2.2، الوكالة الدولية للطاقة الذرية، فيينا (١٩٩٩).
- [31] INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, Technical Instructions for the Safe Transport of Dangerous Goods by Air, 2007–2008 edition, ICAO, Montreal (2007).

- [32] INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, International Maritime Dangerous Goods (IMDG) Code, 2006 Edition including Amendment 33-06, IMO, London (2006).
- [33] UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE, INLAND TRANSPORT COMMITTEE, European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road (ADR), 2007 Edition, UNECE, Geneva (2006).
- [34] The MERCOSUR/MERCOSUL Agreement of Partial Reach to Facilitate the Transport of Dangerous Goods, Signed by the Governments of Argentina, Brazil, Paraguay and Uruguay (1994).
- [35] UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE, INLAND TRANSPORT COMMITTEE, European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Inland Waterways (ADN), 2007 Edition, UNECE, Geneva (2006).
- [36] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Advisory Material for the IAEA Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material, IAEA Safety Standards Series No. TS-G-1.1 (Rev. 1), IAEA, Vienna (2008).
- [37] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Security in the Transport of Radioactive Material, IAEA Nuclear Security Series No. 9, IAEA, Vienna (2008).

[٣٨] منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة، والوكالة الدولية للطاقة الذرية، ومنظمة العمل الدولية، ووكالة الطاقة النووية التابعة لمنظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي، ومنظمة الصحة للبلدان الأمريكية، ومكتب الأمم المتحدة لتنسيق الشؤون الإنسانية، ومنظمة الصحة العالمية، التأهب للطوارئ النووية أو الإشعاعية والتصدي لها، سلسلة معايير الأمان الصادرة عن الوكالة، العدد رقم GS-R-2، الوكالة الدولية للطاقة الذرية، فيينا (٢٠٠٢).

- [39] FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, INTERNATIONAL LABOUR OFFICE, PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION, UNITED NATIONS OFFICE FOR THE COORDINATION OF HUMANITARIAN AFFAIRS, WORLD HEALTH ORGANIZATION, Arrangements for Preparedness for a Nuclear or

Radiological Emergency, IAEA Safety Standards Series No. GS-G-2.1, IAEA, Vienna (2007).

[40] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Method for Developing Arrangements for Response to a Nuclear or Radiological Emergency, Updating IAEA-TECDOC-953, IAEA, Vienna (2003).

[٤١] الوكالة الدولية للطاقة الذرية، الكميات الخطرة من المواد المشعة (قيم النويدات المشعة)، الوكالة الدولية للطاقة الذرية، فيينا (٢٠١١).

المرفق الأول مثال على تقييم الأمان

مقدمة

أولاً-1- تجري المنظمة المشغلة تقييماً لأمان أي مصدر إشعاعي في حوزتها لتحديد الخطوات اللازمة للحد من تعرض موظفيها. ويغطي تقييم الأمان ظروف العمل العادية والحوادث المحتملة.

أولاً-2- ويتناول مثال تقييم الأمان في الفقرات التالية استخدام الأشعة السينية وأشعة غاما في حظيرة مدرّعة شيدت لغرض محدد في شركة افتراضية تجري اختبارات غير إتلافية. ويتناول التقييم ما يلي:

- (أ) العمليات العادية لأغراض التصوير الإشعاعي في الحظيرة؛
- (ب) حالات الحوادث الممكنة وخطوات منع وقوعها والحد من عواقبها؛
- (ج) تدابير الرقابة للحد من التعرضات؛
- (د) التعرضات المحتملة والجرعات الممكنة في أثناء عمليات التصوير الإشعاعي العادية.

مصادر التصوير الإشعاعي

أولاً-3- المنظمة المشغلة مرخص لها استخدام مصادر التصوير بالأشعة السينية وأشعة غاما في حظيرة مدرّعة. وتشمل المصادر المرخص باستعمالها ما يلي:

- (أ) مولّد واحد للأشعة السينية (اتجاهي) يعمل بجهد كهربائي ٢٥٠ كيلو فلت و٤ مللي أمبير يولّد إشعاعاً بقوة ٤ سيفرت. ساعة^١ على مسافة ١ متر؛
- (ب) مصدر واحد للكوبالت - ٦٠ بحد أقصى ٩٢٥ جيغا بكريل؛
- (ج) مصدر واحد من الإيريديوم - ١٩٢ بحد أقصى ٣,٧ تيرا بكريل.

الأشخاص المعرضون للمخاطر

أولاً-4- يشمل الأشخاص المعرضون للمخاطر المصورين الإشعاعيين والعاملين الآخرين بالقرب من المكان.

التدابير القائمة للتحكم في التعرضات

أولاً-5- الحظيرة المدرّعة مزودة بنظم أمان عالية الجودة لإنهاء تعريض الأشعة السينية أو سحب مصدر أشعة غاما إلى درعه الواقي تلقائياً بمجرد فتح باب الحظيرة في أثناء إجراء التعريض. ولا يمكن أن يبدأ التعريض إذا كان باب الحظيرة مفتوحاً.

أولاً-٦- وتضمن نُظم وإجراءات الأمان عدم إمكانية استخدام سوى مصدر إشعاعي واحد في أي وقت من الأوقات. وجميع الأبواب عليها لافتات تحمل رمز الإشعاع (الورقات الثلاث) للإشارة إلى إمكانية وجود خطر إشعاعي. والحظيرة المدرّعة مزودة بجهاز ثابت لرصد الإشعاع في المكان بالإضافة إلى إشارات إنذار وعلامات تحذيرية قبل بدء التعريض وفي أثنائه.

أولاً-٧- والحظيرة المدرّعة مزودة بمفاتيح إيقاف في حالات الطوارئ. ويمكن لأي شخص داخل حظيرة التصوير الإشعاعي تشغيل تلك المفاتيح وإيقاف مولّد الأشعة السينية وإعادة مصدر أشعة غاما إلى درعه الواقية.

أولاً-٨- والحظيرة مدرّعة بطريقة تضمن انخفاض معدلات الجرعة خارجها في المستوى الأرضي عن ١ ميكرو سيفرت. ساعة^١. ويعني ذلك أن الجرعة السنوية القصوى التي يتلقاها أي شخص خارج الحظيرة أقل من ٠,٢٥ مللي سيفرت بافتراض أن أقصى معدل للإشغال في المنطقة يبلغ ٢٥٠ ساعة سنوياً. وتعتبر هذه الجرعة التقديرية مقبولة.

أولاً-٩- ووضعت نُظم وإجراءات أمان لمنع الوصول إلى سقف الحظيرة في أثناء إجراء التصوير الإشعاعي.

الجرعات الممكنة بسبب الحوادث

أولاً-١٠- فيما يلي سيناريوهات الحوادث التي يمكن توقع حدوثها:

- (أ) عدم عودة مصدر أشعة غاما بشكل صحيح إلى درعه الواقية؛
- (ب) سقوط أو انفصال المصدر (في مكان معلوم)؛
- (ج) مصدر مفقود أو مسروق؛
- (د) توقف نظام الإنذار أو نظام الأمان مما يفضي إلى دخول أشخاص إلى الحظيرة في أثناء التعريض؛
- (هـ) حريق أو تلف ميكانيكي يؤثر على تدريع جهاز تعريض أو يخل بسلامة مصدر مختوم.

أولاً-١١- وأسوأ حالة متوقعة في كل سيناريو من السيناريوهات المذكورة أعلاه هو تعرض شخص بالقرب من مصدر غير مدرّع أو مولّد أشعة سينية متصل بالطاقة. ويبين الجدول أولاً-١- الجرعات التي يمكن أن يتلقاها الجسم بكامله.

أولاً-١٢- وترتفع بدرجة كبيرة معدلات الجرعات في الأماكن القريبة جداً من مصادر الإشعاع:

(أ) في حالة مصادر أشعة غاما، تبلغ الجرعة التي تتلقاها اليد إذا كانت على مسافة ٥ سنتيمترات من المصدر لمدة ٥ دقائق ١١ غراي تقريباً (في حالة مصدر الكوبالت - ٦٠) أو ١٦ غراي (في مصدر الإيريديوم - ١٩٢). ويمكن أن يسفر هذا المستوى من الجرعة عن آثار قطعية شديدة في اليد.

(ب) في حالة مولدات الأشعة السينية، تبلغ الجرعة التي تتلقاها اليد عندما تكون قريبة من نافذة مولد الأشعة السينية لمدة ٥ دقائق ٨ غراي تقريباً (بافتراض أن المسافة بين الجلد وبؤرة الجهاز تبلغ ٢٠ سنتيمتراً). ويمكن أن يسفر ذلك عن آثار قطعية شديدة في اليد (حروق إشعاعية).

أولاً-١٣- اتخذت المنظمة المشغلة عدداً من التدابير لتقليل احتمالات وقوع حوادث والتخفيف من العواقب في حال وقوع حادث. وتشمل هذه التدابير ما يلي:

- (أ) التدريب الدوري على الأمان الإشعاعي لجميع الموظفين المعنيين؛
(ب) توفير إجراءات مكتوبة للتقليل إلى أدنى حد من احتمالات وقوع أخطاء بشرية؛
(ج) الصيانة الدورية لمولد الأشعة السينية وجهاز التعريض ومعدات تحريك المصدر؛
(د) إجراء فحوص دورية للتأكد من مكان المصادر المشعة؛

الجدول أولاً-١: معدل الجرعة على مسافة متر واحد ومدة التعرض على مسافة متر واحد لكي تتجاوز جرعة الجسم بكامله ٢٠ مللي سيفرت من ثلاثة مصادر مختلفة

المصدر (النشاط)	معدل الجرعة على مسافة ١ متر (مللي سيفرت. ساعة ^{-١})	مدة التعرض المطلوبة لكي تتجاوز جرعة الجسم بكامله ٢٠ مللي سيفرت على مسافة ١ متر
كوبلت - ٦٠ (٩٢٥ جيجا بكريل)	٣٢٥	٣,٧ دقائق
إيريديوم - ١٩٢ (٣,٧ تيرا بكريل)	٤٨٠	٢,٥ دقائق
مولد أشعة سينية بجهد كهربائي ٢٥٠ كيلو فلو و ٤ مللي أمبير	٤٠٠٠	١٨ ثانية

- (هـ) الصيانة المنتظمة لكل نُظُم الأمان والإنذار وإجراء فحوص روتينية للتأكد من أنها تعمل بشكل سليم؛
(و) توفير أجهزة ثابتة لكشف الإشعاع في الحظيرة المدرّعة؛
(ز) توفير معدات محمولة لرصد الإشعاع؛
(ح) اتخاذ تدابير للوقاية من الحرائق؛
(ط) توفير خطة طوارئ مفصّلة والتدريب والتمرّن بانتظام على الطوارئ.

تدابير الرقابة

أولاً-١٤- يتبيّن من تقييم الأمان الوارد هنا أن تدابير الوقاية ضرورية للحد من التعرضات. ويمثل توفير التدريع واستخدام نُظم الأمان ونُظم الإنذار واتباع الإجراءات المكتوبة تدابير ضرورية للوقاية في المناطق الخاضعة للرقابة. وتحدّد المنطقة الواقعة داخل الحظيرة بأنها منطقة خاضعة للرقابة.

أولاً-١٥- وتكفل التدابير التالية السيطرة بصورة معقولة على الجرعات الإشعاعية التي يتلقاها المصورون الإشعاعيون والأشخاص الآخرون في المنطقة التي يوجد فيها مرفق التصوير الإشعاعي.

المناطق المعيّنة

المناطق الخاضعة للرقابة

أولاً-١٦- يُعيّن الجزء الواقع داخل المرفق المدرّج كمنطقة خاضعة للرقابة على أساس أن الإجراءات الخاصة بضرورة للسيطرة على التعرضات ومنع التعرضات المحتملة أو الحد منها. ودخول المنطقة الخاضعة للرقابة محظور إلاّ بإذن للأشخاص الذين يحملون مقاييس جرعات شخصية.

المناطق الخاضعة للإشراف

أولاً-١٧- تعيّن المنطقة الواقعة مباشرة خارج الحظيرة والممرات المؤدية كمناطق خاضعة للإشراف. وتحديد هذه المناطق على هذا النحو يستند إلى إمكانية تغيير الحالة (وذلك مثلاً عند تغيير ممارسات العمل أو تدهور التدريع) حتى وإن كانت احتمالات التعرض في تلك المناطق لا تذكر. ولذلك من الملائم أن تبقى الحالة في تلك المناطق قيد الاستعراض.

التدابير الضرورية للحد من التعرضات

أولاً-١٨- تتاح قواعد محلية مفصّلة تحدد الإجراءات التي ينبغي اتباعها للحد من التعرضات عند إجراء تصوير إشعاعي. ويمكن أيضاً الحد من التعرضات باستخدام معدات تصوير إشعاعي مزوّدة بنُظم إنذار للوقاية التلقائية. وسوف ينخفض التعرض إلى أدنى حد معقول شريطة التقيّد بالقواعد المحلية.

الترتيبات المتعلقة بالموظفات

أولاً-١٩- تُخطّر أي موظفة تعمل في المنظمة المشغّلة بضرورة وأهمية إبلاغ مديرها عندما تكون حاملاً، وتُنخّذ ترتيبات ملائمة لوقاية الجنين من الإشعاع.

مستوى تقصي الجرعات

أولاً-٢٠- حدّدت الإدارة مستوى التقصي بجرعة مقدراها ٢ مللي سيفرت سنوياً. وتخفض احتمالات التعرض عندما تعمل كل نُظُم الأمان بشكل سليم وعندما يتم التقيّد بجميع الإجراءات، ولا يتعيّن في هذه الحالة تجاوز هذا المستوى من التقصي. وهذه القيمة أداة مفيدة في الإدارة ومنصوص عليها في القواعد المحلية.

التدريب والمؤهلات

أولاً-٢١- جميع الموظفين مدربون تدريباً مناسباً يمكنهم من فهم طبيعة الأخطار الإشعاعية وأهمية الإجراءات المحددة التالية. وجميع الموظفين على علم بأن ذلك أساسي للتقليل إلى أدنى حد من الجرعات الإشعاعية ومنع وقوع حوادث أو التخفيف من عواقبها. ويتم أيضاً في الحدود المناسبة إبلاغ جميع الموظفين بالمتطلبات الرقابية الوطنية. ويستعرض مسؤول الوقاية الإشعاعية مدى الحاجة إلى تدريب تنشيطي لتجديد المعلومات. وتُحفظ سجلات لجميع التدريبات التي يتم إجراؤها. وجميع المصورين الإشعاعيين حاصلون على مؤهلات معترف بها وطنياً في مجال تقنيات التصوير الإشعاعي الصناعي ومدربون على الأمان الإشعاعي.

تقييم الجرعات الفردية

أولاً-٢٢- يمكن أن يتلقى موظفو التصوير الإشعاعي جرعات كبيرة في حال خرق الإجراءات أو عند وقوع حادث. وبالتالي فإن جميع موظفي التصوير الإشعاعي يخضعون لرصد إشعاعي فردي ويزوّدون بمقاييس جرعات تعمل بالوميض الحراري يتم تغييرها كل أسبوعين. وتُحمّل مقاييس الجرعات في كل أوقات العمل وتخزّن بعيداً عن الإشعاع.

المراقبة الصحية

أولاً-٢٣- يخضع المصورون الإشعاعيون لاستعراض صحي سنوي يجريه طبيب معتمد لدى الهيئة الرقابية. ويحق للمصورين الإشعاعيين الاطلاع على نتائج الاستعراضات الصحية.

رصد مكان العمل

أولاً-٢٤- يرصد مكان العمل روتينياً للتحقق من حدود المناطق الخاضعة للرقابة ورصد فعالية نُظُم الأمان الهندسية. وتُرصد دورياً الأماكن المحيطة بالمناطق الخاضعة للرقابة والمناطق الخاضعة للإشراف مرة أسبوعياً وفي كل مرة يجدد فيها مصدر مشع. ويتم إجراء رصد خاص في حال تغيير تقنيات التصوير الإشعاعي أو اتجاه الحزمة الإشعاعية. ويحتفظ بسجلات عن كل عمليات الرصد وفقاً للمتطلبات الرقابية.

أولاً-٢٥- وإضافة إلى ما سبق تبين أجهزة قياس الإشعاع المثبتة في الحظيرة المدرّعة معدل الجرعة باستمرار.

أولاً-٢٦- وتختبر أجهزة قياس معدل الجرعة سنوياً بمعرفة مختبر متخصص في إجراء الفحوص. ويحتفظ مسؤول الوقاية الإشعاعية بشهادات اختبار الأجهزة.

حصر المصادر المشعة

أولاً-٢٧- جميع المصادر المشعة محددة بعلامات مميزة، وتفحص أماكنها وتسجل في كل يوم من أيام العمل. وتسجّل أيضاً كل التغيرات التي تطرأ على المصادر المشعة، وتعاد جميع المصادر المستهلكة إلى المورد الأصلي.

تقييم نُظم الأمان

أولاً-٢٨- يعتمد الحد من التعرضات اعتماداً كبيراً على نُظم أمان هندسية من قبيل تدابير الرقابة. ويفحص المصورون الإشعاعيون نُظم الأمان في بداية كل نوبة عمل للتأكد من أنها تعمل بشكل صحيح. ويُحتفظ بسجلات عن تلك الفحوص.

أولاً-٢٩- تخضع نُظم الأمان أيضاً لصيانة سنوية عن طريق متعهد الخدمة وتحفظ سجلات الصيانة.

المرفق الثاني

لمحة عامة عن مصادر ومعدات التصوير الإشعاعي الصناعي

ثانياً-١- تتاح تجارياً مجموعة كبيرة من أجهزة التعريض المستخدمة في إجراء التصوير الإشعاعي الصناعي. وتشمل هذه الأجهزة معدات التصوير بأشعة غاما والأشعة السينية. ويرد في هذا المرفق ملخص يشمل الخصائص العامة لهذه المعدات.

مصادر ومعدات التصوير بأشعة غاما

المصادر

ثانياً-٢- يمثل الإيريديوم ١٩٢ أكثر النويدات المشعة استخداماً في التصوير الإشعاعي الصناعي. وهناك نويدات مشعة أخرى يمكن استخدامها ويتوقف اختيارها على خصائص مادة الجسم المراد فحصه. ولكل جهاز تعريض مجمعات مصادر خاصة تتألف من كبسولة مختومة أو سلك أو قضيب. ويتضمن الجدول ثانياً-١ النويدات المشعة الأكثر استخداماً وخصائصها المميزة.

ثانياً-٣- ويحتفظ بالمصادر المختومة داخل جهاز تعريض متوائم ومتوافق مع المصدر أو حامل المصدر أو مجمع المصدر.

الجدول ثانياً - ١: النويدات المشعة الأكثر استخداماً في التصوير الإشعاعي الصناعي وخصائصها المميزة

النوية المشعة	الطاقة	الخرج الإشعاعي من مصدر على مسافة ١ متر (ملي سيفرت. ساعة ^{-١} لكل ٣٧ جيجا بكريل)	العمر النصفى	سماكة الصلب المستخدم في العادة مع هذا المصدر (مليمتر)
كوبالت-٦٠	١,١٧ و ١,٣٣ ميغا إلكترون فلت	١٣,٠	٥,٣ سنة	١٢٠-٥٠
إيريديوم - ١٩٢	٦١٢-٢٠٦ كيلو فلت	٤,٨	٧٤ يوماً	٧٠-١٢
سيزيوم-٧٥	٤٠١-٩٧ كيلو فلت	٢,٠٣	١٢٠ يوماً	٣٠-٨
يتربيوم - ١٦٩	٣٠٨-٦٣ كيلو فلت	١,٢٥	٣٢ يوماً	٢٠-٤
ثوليوم - ١٧٠	٨٤-٥١ كيلو فلت	٠,٢٥	١٢٨ يوماً	١٢,٥-٢,٥

أنواع أجهزة ومعدات التعريض

التصنيف العام لأجهزة التعريض

ثانياً-٤- تصنّف أجهزة التعريض تبعاً لإمكانية نقلها. وأجهزة التعريض من الفئتين P و M هي على التوالي محمولة ومتحركة بينما تكون أجهزة التعريض من الفئة F ثابتة:

(١) الفئة P: هي أجهزة التعريض المحمولة التي تصمّم لكي يحملها شخص واحد أو أكثر من شخص. ولا تتجاوز كتلة الجهاز ٥٠ كيلوغراماً.

(٢) الفئة M: هي أجهزة تعريض متحركة ولكنها غير محمولة، وتصمّم بحيث يمكن نقلها بسهولة باستخدام وسيلة مناسبة لهذا الغرض، مثل نقالة أو عربة.

(٣) الفئة F: هي أجهزة التعريض الثابتة أو التي يقتصر تحريكها داخل مكان عمل محدّد، مثل الحظائر المدرّعة.

ثانياً-٥- وتعمل أجهزة التعريض من الفئات الثلاث عموماً بتعريض المصدر بإحدى طريقتين على النحو المبين فيما يلي.

أجهزة التعريض المزوّدة بصمام إغلاق

ثانياً-٦- يبقى المصدر في أجهزة التعريض من النوع المزوّد بصمام إغلاق داخل جهاز التعريض في كل الأوقات. ويعرّض المصدر عن طريق فتح جزء من التدريع (صمام الإغلاق) أو عن طريق تحريك (تدوير) مكون داخلي يوضع عليه المصدر. ولا تتجاوز الزاوية المسمّاة في العادة ٦٠ درجة، ويمكن استخدام تسديد إضافي لزيادة تقييد زاوية الشعاع. ويتم تعريض المصدر مباشرة باستخدام ذراع على جهاز التعريض أو بوسيلة للتحكم فيه من بُعد.

أجهزة التعريض الإسقاطية

ثانياً-٧- في هذا النوع من أجهزة التعريض يخرج مجمّع المصدر القابل للتحريك فعلياً من الجهاز عبر أنبوب توجيه مجوّف باستخدام كبل تحريك. ويوضع طرف أنبوب التوجيه داخل المُسَدّد لتحديد الموضع المطلوب للمصدر وتقييد الحزمة الإشعاعية إلى أدنى حجم مطلوب للمهمة.

ثانياً-٨- وتساعد أجهزة التعريض التي يطلق عليها اسم 'S bend' المصور الإشعاعي على تشغيل النظام وتعريض المصدر من مسافة آمنة. ويوفر هذا النوع من أجهزة التعريض درجة أكبر من الوقاية مقارنة بالأجهزة من الأنواع المزوّدة بصمام إغلاق. ومن الأساسي في المصادر ذات النشاط الإشعاعي القوي استخدام أجهزة التعريض من النوع الإسقاطي لضمان بقاء الجرعات التي يتلقاها المصورون الإشعاعيون منخفضة إلى أدنى حد معقول.

ثانياً-٩- ويستخدم في بعض أجهزة التعريض الإسقاطية هواء مضغوط بدلاً من كبل التحريك لتعريض المصدر. وتستخدم عموماً هذه الأجهزة كجزء من الحظائر المدرّعة التي تقام لأغراض محددة. وتصميم النظم المعتمدة على ضغط الهواء أو الجاذبية لإعادة المصدر إلى درعه قد لا يوفر وقاية تلقائية في حال وقوع خلل، ولا ترخص بعض الهيئات الرقابية استخدامها.

ثانياً-١٠- وتشمل الأنواع الأخرى من معدات التصوير الإشعاعي المتخصصة معدات فحص الأنابيب المحمولة على زحافات والمعدات المستخدمة في التصوير الإشعاعي تحت الماء.

معدات التصوير الإشعاعي تحت الماء

ثانياً-١١- تزوّد أجهزة التعريض المستخدمة في التصوير الإشعاعي تحت الماء بأجهزة أمان إضافية، بما في ذلك:

- (أ) تقدير العمق لبيان أقصى عمق يمكن عنده استخدام جهاز التعريض بأمان.
- (ب) السدادات المحكمة التي تمنع دخول الغاز أو الماء إلى أجزاء من المعدات غير المصممة لتحملهما. وتزوّد المعدات المصممة لتحمل الماء والغاز بسدادات محكمة تسمح بخروج الماء والغاز في أثناء الصعود إلى السطح.
- (ج) آلية لتمكين المعدات من العمل بأمان عندما يكون المشغل خارج المنطقة الخاضعة للرقابة.

معدات فحص الأنابيب المحمولة على زحافات

ثانياً-١٢- تستخدم زحافات الأنابيب لإجراء تصوير إشعاعي للحام في خطوط الأنابيب. وتحمل هذه الآليات مجع أنبوب أشعة سينية أو مصدر لأشعة غاما على عربة متحركة تزحف داخل الأنبوب. وتعمل هذه المعدات ببطاريات مثبتة على العربة أو بمحرك داخلي الاحتراق أو بكوابل مسحوبة من مولد. ويتولى تنشيط الزحافة والتحكم فيها مصور إشعاعي خارج الأنبوب باستخدام مصدر للتحكم. ويتألف ذلك في العادة من مصدر مختوم منخفض النشاط يحتوي على سيزيوم - ١٣٧ مثبت في جهاز محمول باليد وتسدد حزمته الإشعاعية. ويسقط الإشعاع من مصدر التحكم على كاشف مثبت على الزحافة.

ثانياً-١٣- ويتحرك مصدر التحكم في العادة خارج الأنبوب لدفع الزحافة في الاتجاه الأمامي أو الخلفي المراد تحريكها إليه. ويوضع جهاز التحكم على الجدار الخارجي للأنبوب لكي تتوقف الزحافة وتكون في وضع الانتظار. ويبدأ التعريض تلقائياً بعد ١٠ ثوانٍ تقريباً من إبعاد مصدر التحكم عن سطح الأنبوب. وتزوّد بعض أجهزة الأشعة

السينية الزحافة بمصدر مشع منخفض الطاقة للمساعدة على تحديد موضع الزحافة داخل الأنبوب.

ثانياً-١٤- ويظل مصدر التصوير الإشعاعي في الجهاز أثناء التعريض داخل خط الأنابيب. وتزود معظم تلك المعدات الزحافة بنظم للوقاية التلقائية وذلك مثلاً بتدريج المصدر تلقائياً بمجرد انقطاع الكهرباء.

ثانياً-١٥- وعموماً فإن المعدات المحمولة على زحافات خطوط الأنابيب لا تفي بكل متطلبات المعيار الدولي ٣٩٩٩ [ثانياً-١]. ويتعين على المنظمات المشغلة أن تتأكد من اتخاذ احتياطات الأمان الإضافية الملائمة لضمان استخدامها بأمان.

مرجع المرفق الثاني

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, [ثانياً-١]
Radiation Protection — Apparatus for Industrial Gamma Radiography —
Specifications for Performance, Design and Tests, ISO 3999:2004, ISO,
.Geneva (2004)

المرفق الثالث

أمثلة لحوادث التصوير الإشعاعي الصناعي

ثالثاً-١- شهد تاريخ التصوير الإشعاعي الصناعي حوادث أسفرت عن تلقي العاملين والجمهور جرعات إشعاعية كبيرة تسببت في إصابات جسيمة للأشخاص المعرضين وتطلبت في بعض الأحيان عمليات بتر، بل ونشأت عنها حالات وفاة. ولم يسفر الكثير من الحوادث الأخرى عن إصابات خطيرة، ولكن كان بإمكانها أن تؤدي إلى ذلك، أو تسببت في زيادة التعرض الإشعاعي دون داعٍ.

ثالثاً-٢- ويتضمن أحد تقارير الأمان الصادرة عن الوكالة [ثالثاً-١] استعراضاً عاماً لعدد من الحوادث التي استخدمت فيها مصادر تصوير إشعاعي صناعي وأبلغت عنها الهيئات الرقابية والرابطات المهنية والمجلات العلمية. ويبين تقرير الأمان سيناريوهات حوادث التصوير الإشعاعي الصناعي ويحدد الأسباب الرئيسية والدروس التي ينبغي تعلمها، وي طرح اقتراحات على الأشخاص والسلطات المسؤولة عن الوقاية والأمان في التصوير الإشعاعي الصناعي. وتعرض الفقرات التالية بعض الحوادث لتوضيح الأخطار المحتملة المصاحبة للمصادر المستخدمة في التصوير الإشعاعي الصناعي إذا لم يتم إجراؤه على النحو السليم.

تعطل نظام الأمان

ثالثاً-٣- في أثناء تبديل وحدة الأشعة السينية فصل نظام الإغلاق التشابكي المثبت على باب الحظيرة ولم يعمل مرة أخرى. وقام مصور إشعاعي بعد سنة بتشغيل وحدة الأشعة السينية استعداداً لإجراء أول تعريض يقوم به. ودخل المصور الإشعاعي الحظيرة بعد ذلك لضبط وإجراء التعديلات الأخيرة على وضع الجسم المراد تصويره إشعاعياً. وتطلب ذلك تحديد مركز الحزمة الإشعاعية باستخدام ثقل شافولي كان المصور يمسكه أمام بوابة الشعاع بإبهامه الأيمن. ولم تكن في الحظيرة أي علامات تحذيرية تبين أن وحدة الأشعة السينية كانت منشطة.

ثالثاً-٤- وأدرك المصور الإشعاعي أنه تعرّض للإشعاع عندما عاد إلى وحدة التحكم لبدأ التعريض ولكنه اكتشف أن الحزمة الإشعاعية كانت منبعثة بالفعل. ويُتوقع أن الإبهام الأيمن للمصور الإشعاعي ظل في بوابة الحزمة الإشعاعية لمدة خمس ثوانٍ تقريباً، وأسفر ذلك التعرض عن جرعة تقدر بنحو ٤,٣ سيفرت في إبهامه و ٢٩ مللي سيفرت في الجسم بكامله. وأسفر تعرض إبهام المصور الإشعاعي عن إصابته بالتهاب جلدي (حروق إشعاعية) وتقيحات.

الحدث البادئ

ثالثاً-٥- عدم التأكد من إعادة توصيل نظام الإقفال التثابكي عند تشغيل وحدة الأشعة السينية الجديدة.

العوامل المساهمة والوقاية

ثالثاً-٦- ينبغي وضع إجراءات للتأكد من أن كل نُظم الأمان تعمل بعد إصلاحها أو استبدالها. ولم يكن المصور الإشعاعي قد أجرى فحصاً يومياً لنظام الإقفال التثابكي قبل استخدام الحظيرة. وكان يمكن لهذا الفحص أن ينبه المصور الإشعاعي إلى أن نظام الإقفال لا يعمل. وكان يمكن لإجراء مسح إشعاعي في أثناء التشغيل أن يكشف عن مستويات الإشعاع وبقية من التعرض. ولكن المصور الإشعاعي تجاهل إشارة الإنذار في لوحة التحكم.

تعطيل نُظم الأمان

ثالثاً-٧- قرر مصور إشعاعي بينما كان يجري تصويراً إشعاعياً في حظيرة مدرّعة إبقاء باب الحظيرة مفتوحاً للسماح بتجديد هوائها في الوقت الذي كان يقوم فيه بتغيير الأفلام والتجهيز للتعرض التالي. وعندما فعل ذلك للمرة الأولى، قام بفصل الإنذار الذي يحذر من أن 'الباب مفتوح'. وأدى ذلك أيضاً إلى تعطيل إشارة التحذير من خطر الإشعاع في الحظيرة.

ثالثاً-٨- وأخفق المصور الإشعاعي في أثناء إجراء تعريض لاحق في إعادة مصدر الكوبالت - ٦٠ المستخدم الذي تبلغ قوته ٣٠٠٠ جيجا بكريل (٨١ كوري) إلى درعه الواقية. ودخل المصور الإشعاعي الحظيرة دون استعمال جهاز مسح إشعاعي بينما كان إنذار الإشعاع معطلاً. ولم يكن المصور الإشعاعي يحمل جهازاً لقياس الجرعة الشخصية. ودخل الحظيرة أيضاً عامل إنتاج كان يعمل مع المصور الإشعاعي؛ ولم يكن هو الآخر يحمل جهازاً لقياس الجرعة الشخصية.

ثالثاً-٩- وقام المصور الإشعاعي بتغيير الأفلام وضبط مُسدّد المصدر وغادر الحظيرة مع منسق الإنتاج. وعندما حاول المصور الإشعاعي إخراج المصدر إلى وضع التعريض أدرك أن المصدر لم يكن قد دخل درعه الواقية بعد التعريض السابق وأنه قد تعرض هو وعامل الإنتاج للإشعاع.

ثالثاً-١٠- وتبيّن من إعادة تمثيل الحادث أن المصور الإشعاعي تلقى جرعة في عينيه قُدّرت بنحو ٩٠ مللي سيفرت وجرعة في أجزاء اليد التي استخدمها في ضبط مسدّد المصدر بما يزيد على ٤٢,٥ سيفرت. وتلقى عامل الإنتاج جرعة في عينيه قُدّرت بنحو ٤٠ مللي سيفرت.

الحدث البادئ

ثالثاً- ١١- تعطيل نظام الإقفال التشابكي وإنذار الإشعاع في الحظيرة عمداً.

العوامل المساهمة والوقاية

ثالثاً- ١٢- ينبغي تصميم نظام الإنذار بحيث لا يؤدي تعطيل إنذار الباب إلى تعطيل نظام إنذار الإشعاع. ولم يتم الالتزام بالإجراءات التشغيلية في التحقق من عودة المصدر إلى درعه الواقي وحمل جميع مقاييس الجرعات الملائمة. وكان يمكن للمصور الإشعاعي لو كان يحمل إنذاراً أن ينتبه إلى ارتفاع مستويات الإشعاع. وتثبت طبيعة تدخل عامل الإنتاج افتقار المنظمة المشغلة إلى ثقافة الأمان.

عدم الاستجابة بشكل سليم للمعدات المعطوبة

ثالثاً- ١٣- في عام ١٩٩٤، كان أحد المصورين الإشعاعيين يعمل ليلاً باستخدام جهاز تعريض يحتوي على إيريدיום -١٩٢ بقوة ٧٨٠ جيجا بكرييل (٢١ كوري)، وواجه صعوبات في إقفال الجهاز. ورأى المصور الإشعاعي أن مقياس الجرعة ذا القراءة المباشرة كان خارج المقياس، ولكن بالنظر إلى تعطل جهاز المسح، لم يُكتشف أي إشعاع. وقام المصور الإشعاعي بالطرق على مجموعة الإقفال باستخدام مطرقة لإغلاق جهاز التعريض، ثم ترك الجهاز في الموقع دون ملاحظة في الوقت الذي عاد فيه إلى المرفق لإحضار جهاز مسح آخر.

ثالثاً- ١٤- وعاد المصور بعد ذلك إلى الموقع ليتبين أنه لا يزال يواجه نفس المشكلة مع مجموعة الإقفال. وكان جهاز قياس الجرعات ذو القراءة المباشرة لا يزال خارج المقياس، ولم يكن جهاز المسح الإشعاعي الثاني هو الآخر يعمل بشكل سليم. وعندما عاد مرة أخرى إلى المرفق لإحضار جهاز مسح آخر ترك عن غير قصد مقياس الجرعات الشخصية بالوميض الحراري، وبذلك ظل يعمل في الموقع بدون هذا الجهاز. وكشف مقياس الجرعة عن تعرض بلغ ٨,٥ مللي سيفرت ربما في أثناء قيام المصور الإشعاعي أصلاً بمحاولة فتح مجموعة إقفال جهاز التعريض بشكل غير صحيح.

الحدث البادئ

ثالثاً- ١٥- مواجهة صعوبات في إقفال جهاز التعريض.

العوامل المساهمة والوقاية

ثالثاً- ١٦- لم يلتزم المصور الإشعاعي بإجراءات الأمان التشغيلية عندما تعطل الجهاز. وقام تحديداً بما يلي:

— محاولة إصلاح جهاز التعريض باستخدام إجراءات غير معتمدة؛

- عدم التأكد من صلاحية جهاز المسح للعمل؛
- تجاهل خروج القراءة عن المقياس في جهاز قياس الجرعات؛
- ترك جهاز التعريض دون ملاحظة في موقع العميل؛
- عدم حمل جهاز قياس الجرعة الشخصي.

وكان يمكن للمصور الإشعاعي تقليل التعرض إلى أدنى حد لو أنه التزم بأي من هذه المتطلبات.

التعرض داخل خط أنابيب

ثالثاً-١٧- حصل مصور إشعاعي على تصريح بإجراء تصوير بالأشعة السينية لخط أنابيب في محطة لضغط الغاز. وكان هناك حاجز يبين بوضوح حدود المنطقة الخاضعة للرقابة، وانطلق الإنذار الأولي وإنذار التحذير من التعرض قبل بدء العمل.

ثالثاً-١٨- وأجريت بالفعل عدة تعريضات، وكان أنبوب الأشعة السينية لا يزال متصلاً بالطاقة عندما رأى المصور الإشعاعي من بعيد رجلين بجوار خط الأنابيب. وكشف التحقيق عن أن الرجلين كان معهما أيضاً تصريح بالعمل وأنهما كانا يفحصان خط الأنابيب من الداخل وأنهما قاما بالمرور خلال حزمة الأشعة السينية مرتين في أثناء إجراء عمليات التفتيش.

ثالثاً-١٩- وبإعادة تمثيل وقائع الحادث، تبين أن كل واحد من المفتشين تلقى جرعة تقدر بنحو ٠,٢ مللي سيفرت.

الحدث البادئ

ثالثاً-٢٠- وقع الحدث نتيجة لعدم تنسيق العمل الذي كان من المزمع إجراؤه في الموقع.

العوامل المساهمة والوقاية

ثالثاً-٢١- لم يحافظ المصور الإشعاعي على الرقابة المطلوبة للمنطقة، مما أسفر عن تعرض شخصين. وينبغي أن يحصل المصور الإشعاعي على كل ما يلزم من تعاون ومعلومات من مدير الموقع قبل بدء العمليات حتى يتمكن من الحفاظ على الرقابة في أثناء كل عمليات التصوير الإشعاعي. ولم يتم الحفاظ بشكل كافٍ على الضوابط المطلوبة (الحواجز وإشارات الإنذار) عند نقاط دخول المنطقة الخاضعة للرقابة.

الوفاة بسبب التعرض الإشعاعي الزائد

ثالثاً-٢٢- وقع في عام ١٩٨٤ حادث إشعاعي قاتل لقي فيه ثمانية من أفراد الجمهور حتفهم جرّاء التعرض الزائد بسبب مصدر تصوير إشعاعي. وكان مصدر إيريديوم-١٩٢

بقوة ١١٠٠ جيجا بركريل (٣٠ كوري) قد انفصل عن كبل التحريك ولم تتم إعادته بشكل سليم إلى جهاز التعريض.

ثالثاً-٢٣- وانفصل بعد ذلك أنبوب التوجيه عن جهاز التعريض وسقط المصدر في نهاية الأمر على الأرض. والتقط أحد المارة الأسطوانة المعدنية الصغيرة وأخذها معه إلى منزله. وبالرغم من أن جهاز التعريض كان موسوماً برمز الخطر الإشعاعي (الورقات الثلاث)، لم يكن المصدر نفسه يحمل أي علامات.

ثالثاً-٢٤- وظل المصدر مفقوداً من آذار/مارس حتى حزيران/يونيه ١٩٨٤، ولقي ثمانية أشخاص حتفهم، بمن فيهم الشخص الذي أخذ المصدر إلى منزله، وأفراد من أسرته وأقاربه؛ وتبين من التشخيص الإكلينيكي أن الوفاة نجمت عن نزيف في الرئة. وكان يعتقد في البداية أن الوفاة نجمت عن حدوث تسمم. ولم يشتبه في احتمال حدوث الوفاة بسبب الإشعاع إلا بعد وقوع آخر ضحية.

الحدث البادئ

ثالثاً-٢٥- انفصل مجعّ المصدر عن كبل التحريك وسقط على الأرض وظل في موقع العمل.

العوامل المساهمة والوقاية

ثالثاً-٢٦- لم يتم إجراء أي مسح إشعاعي للتأكد من عودة المصدر تماماً إلى درعه الواقي. ولو أجريت مسموح إشعاعية لأمكن اكتشاف المشكلة ومنع وقوع الحادث. وإضافة إلى ذلك فإن الشخص الذي التقط المصدر لم يكن يدرك ما كان ينطوي عليه ذلك من خطر على صحته. وربما كان من الممكن التخفيف من عواقب الحادث لو أن المصدر كان يحمل علامة تحذيرية.

تعطل قُفل الجهاز بعد صيانة غير سليمة

ثالثاً-٢٧- أشار بلاغ إلى وقوع حدث مرتبط بتصوير إشعاعي انفصلت فيه آلية إقفال جهاز التعريض عن الجهاز. وأدى ذلك إلى سقوط مصدر الإيريديوم -١٩٢ الذي بلغت قوته ٣٦٠٠ جيجا بركريل (٩٨ كوري) من جهاز التعريض. ووقع الحادث بعد منتصف الليل عندما كان مصوران إشعاعيان يجريان أعمال تصوير إشعاعي في ضوء خافت.

ثالثاً-٢٨- وأخذت الأفلام لمعالجتها، ونزع المصور الإشعاعي شارة الفيلم التحذيري ووضعها على حامل الأوراق معتقداً أن العمل قد انتهى. على أنه تقرر إعادة إجراء عدة تعريضات ولكنه نسي ارتداء شارة الفيلم مرة أخرى.

ثالثاً-٢٩- وعند نقل جهاز التعريض من مكانه الأول إلى المكان الثاني لإعادة التعريض، أمسك المصور الإشعاعي بكبل التحريك في يده اليسرى وحمل جهاز التعريض بيده اليمنى. وقطع المصور الإشعاعي بضع خطوات سقط بعدها كبل التحريك من جهاز التعريض على الأرض. ووضع المصور جهاز التعريض على ذيل الشاشة معتقداً أن المصدر قد انفصل هو الآخر. والتقط المصور الإشعاعي كبل التحريك على مسافة ١٠٠ سنتيمتر من طرفه وحرك يده سريعاً نحو نهاية الوصلة، وأمسك بما كان يعتقد أنه وصلة الكبل وقربها إلى مسافة ١٥ سنتيمتراً من وجهه. وعندما أدرك أنها كانت هي المصدر فعلاً، ألقاها من يده ونبّه المصور الإشعاعي الآخر وانطلق بعيداً عن المكان.

ثالثاً-٣٠- وأشارت عملية إعادة تمثيل وقائع السيناريو وحسابات التعرض الإشعاعي إلى أن المصور الإشعاعي تلقى جرعة قدرت بنحو ٦ مللي سيفرت في جسمه بالكامل وعدستي العينين. وقُدرت جرعة الأطراف في أسوأ الحالات بنحو ١٩ سيفرت في أصابع اليد.

ثالثاً-٣١- ويُنبت قلب قفل جهاز التعريض المستخدم بمسمارين. وكان أحد هذين المسمارين مفقوداً، وربما كان مفقوداً منذ بعض الوقت بينما كان المسمار الثاني في صندوق جهاز التعريض، ولكنه لم يكن مربوطاً في قلب القفل. وتسبب عدم ربط المسمارين في انفصال قلب القفل والزنبرك والوليجة المتحركة عن علبة القفل. وكان كبل التحريك متصلاً بمجمّع المصدر. على أنه عندما انفصل القلب عن علبة القفل جذب كبل التحريك مجمّع المصدر من جهاز التعريض مما أسفر عن تعريض المصدر.

الحدث البادئ

ثالثاً-٣٢- فقدت مسامير قلب القفل.

العوامل المساهمة والوقاية

ثالثاً-٣٣- افترض المصور الإشعاعي أنه قام بفصل المصدر. ولم يتأكد من الحالة باستخدام جهاز مسح إشعاعي. وكان يمكن عند إجراء برنامج سليم للتفتيش والصيانة اكتشاف المسمار المفقود واستبداله. وربما كان يمكن لعمليات التفتيش اليومية أن تكتشف أن قلب القفل لم يكن مربوطاً قبل إجراء التصوير الإشعاعي. وإضافة إلى ذلك فإن إزالة شارة الفيلم التحذيري قبل إجراء أعمال التصوير الإشعاعي وعدم استخدام معدات رصد يشكل انتهاكاً للمتطلبات الرقابية مما يدل على الافتقار إلى ثقافة الأمان.

التعرض الزائد بسبب الصيانة غير الكافية

ثالثاً-٣٤- مصور إشعاعي ومساعده كانا يعملان باستخدام مصدر إيريديوم -١٩٢ بقوة ٣٠٠٠ جيغا بكريل (٨٠ كوري). وبعد انتهاء التعريض، قام المساعد بتفكيك الجهاز

ووضعه على الشاحنة وإعادته إلى القاعدة. ولدى وصوله حمل جهاز التعريض من الشاحنة إلى مرفق التخزين. وفي أثناء وضع جهاز التعريض على الرف، مال منه الجهاز وسقط مجعّ المصدر على الأرض. ونبهه إنذار الإشعاع في مرفق التخزين إلى الخطر وأعيدت السيطرة بعد ذلك على المصدر وتم تدريجه بأمان.

الحدث البادئ

ثالثاً-٣٥- كشفت التحقيقات عن عدم إجراء صيانة سليمة لجهاز التعريض. ولم يكن المزلاج الزنبركي المصمم لتثبيت المصدر في وضع التدريع الكامل يعمل بشكل سليم؛ وظل المزلاج مفتوحاً بسبب تراكم الأتربة. وإضافة إلى ذلك لم يرق المصور الإشعاعي بفصل مفتاح التحكم في الغالق ولم يرق بوضع غطاء الوقاية من الأتربة على مقدمة جهاز التعريض. وأفضت هذه الظروف مجتمعة إلى سقوط المصدر على الأرض.

العوامل المساهمة والوقاية

ثالثاً-٣٦- تعطل القفل وظل مفتوحاً بسبب تراكم الأتربة. وبالإضافة إلى عدم الصيانة، وهو ما أدى إلى تعطل القفل، لم يتم الالتزام بمتطلبات التأمين الثانوية. ولم تتم إعادة الغالق إلى وضع الإيقاف ولم يوضع غطاء الوقاية من الأتربة على مقدمة جهاز التعريض. ولو اتخذت أي من هاتين الخطوتين لما سقط المصدر من جهاز التعريض.

مرجع المرفق الثالث

[ثالثاً-١] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Lessons Learned from Accidents in Industrial Radiography, Safety Reports Series No. 7, IAEA, Vienna (1998).

المساهمون في الصياغة والاستعراض

Einav, I.	International Atomic Energy Agency
Friedrich, V.	International Atomic Energy Agency
Hudson, A.P.	Private consultant, United Kingdom
Irwin, R.	Canadian Nuclear Safety Commission, Canada
Jankovitch, J.	United States Nuclear Regulatory Commission, United States of America
Paynter, R.A.	Health Protection Agency, United Kingdom
Roughan, C.	QSA Global Inc., United States of America
Sonsbeek, R. Van	Applus RTD Group, Netherlands
Wheatley, J.S.	International Atomic Energy Agency

الهيئات التي تضطلع بإقرار معايير الأمان التي تضعها الوكالة

تشير العلامة النجمية إلى عضو مراسل. ويتلقى الأعضاء المراسلون مسودات المعايير لغرض التعليق عليها فضلاً عن وثائق أخرى إلا أنهم لا يشاركون عموماً في الاجتماعات. وتشير العلامتان النجميتان إلى عضو مناب.

لجنة معايير الأمان

ARGENTINA: GONZÁLEZ, A.J.; *AUSTRALIA*: LOY, J.; *BELGIUM*: SAMAIN, J.-P.; *BRAZIL*: VINHAS, L.A.; *CANADA*: JAMMAL, R.; *CHINA*: LIU HUA; *EGYPT*: BARAKAT, M.; *FINLAND*: LAAKSONEN, J.; *FRANCE*: LACOSTE, A.-C. (CHAIRPERSON); *GERMANY*: MAJER, D.; *INDIA*: SHARMA, S.K.; *ISRAEL*: LEVANON, I.; *JAPAN*: FUKUSHIMA, A.; *KOREA, REPUBLIC OF*: CHOUL-HO YUN; *LITHUANIA*: MAKSIMOVAS, G.; *PAKISTAN*: RAHMAN, M.S.; *RUSSIAN FEDERATION*: ADAMCHIK, S.; *SOUTH AFRICA*: MAGUGUMELA, M.T.; *SPAIN*: BARCELÓ VERNET, J.; *SWEDEN*: LARSSON, C.M.; *UKRAINE*: MYKOLAICHUK, O.; *UNITED KINGDOM*: WEIGHTMAN, M.; *UNITED STATES OF AMERICA*: VIRGILIO, M.; *VIETNAM*: LE-CHI DUNG; *IAEA*: DELATTRE, D. (COORDINATOR); *ADVISORY GROUP ON NUCLEAR SECURITY*: HASHMI, J.A.; *EUROPEAN COMMISSION*: FAROSS, P.; *INTERNATIONAL NUCLEAR SAFETY GROUP*: MESERVE, R.; *INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION*: HOLM, L.-E.; *OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY*: YOSHIMURA, U.; *SAFETY STANDARDS COMMITTEE CHAIRPERSONS*: BRACH, E.W. (TRANSSC); MAGNUSSON, S. (RASSC); PATHER, T. (WASSC); VAUGHAN, G.J. (NUSSC)

لجنة معايير الأمان النووي

ALGERIA: MERROUCHE, D.; *ARGENTINA*: WALDMAN, R.; *AUSTRALIA*: LE CANN, G.; *AUSTRIA*: SHOLLY, S.; *BELGIUM*: DE BOECK, B.; *BRAZIL*: GROMANN, A.; **BULGARIA*: GLEDACHEV, Y.; *CANADA*: RZENTKOWSKI, G.; *CHINA*: JINGXI LI; *CROATIA*: VALČIĆ, I.; **CYPRUS*: DEMETRIADES, P.; *CZECH REPUBLIC*: ŠVÁB, M.; *EGYPT*: IBRAHIM, M.; *FINLAND*: JÄRVINEN, M.-L.; *FRANCE*: FERON, F.; *GERMANY*: WASSILEW, C.; *GHANA*: EMI-REYNOLDS, G.; **GREECE*: CAMARINOPOULOS, L.; *HUNGARY*: ADORJÁN, F.; *INDIA*: VAZE, K.; *INDONESIA*: ANTARIKSAWAN, A.; *IRAN, ISLAMIC*

REPUBLIC OF: ASGHARIZADEH, F.; *ISRAEL*: HIRSHFELD, H.; *ITALY*: BAVA, G.; *JAPAN*: KANDA, T.; *KOREA, REPUBLIC OF*: HYUN-KOON KIM; *LIBYAN ARAB JAMAHIRIYA*: ABUZID, O.; *LITHUANIA*: DEMČENKO, M.; *MALAYSIA*: AZLINA MOHAMMED JAIS; *MEXICO*: CARRERA, A.; *MOROCCO*: SOUFI, I.; *NETHERLANDS*: VAN DER WIEL, L.; *PAKISTAN*: HABIB, M.A.; *POLAND*: JURKOWSKI, M.; *ROMANIA*: BIRO, L.; *RUSSIAN FEDERATION*: BARANAEV, Y.; *SLOVAKIA*: UHRIK, P.; *SLOVENIA*: VOJNOVIČ, D.; *SOUTH AFRICA*: LEOTWANE, W.; *SPAIN*: ZARZUELA, J.; *SWEDEN*: HALLMAN, A.; *SWITZERLAND*: FLURY, P.; *TUNISIA*: BACCOUCHE, S.; *TURKEY*: BEZDEGUMELI, U.; *UKRAINE*: SHUMKOVA, N.; *UNITED KINGDOM*: VAUGHAN, G.J. (CHAIRPERSON); *UNITED STATES OF AMERICA*: MAYFIELD, M.; *URUGUAY*: NADER, A.; *EUROPEAN COMMISSION*: VIGNE, S.; *FORATOM*: FOUREST, B.; *IAEA*: FEIGE, G. (COORDINATOR); *INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION*: BOUARD, J.-P.; *INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION*: SEVESTRE, B.; *OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY*: REIG, J.; **WORLD NUCLEAR ASSOCIATION*: BORYSOVA, I

لجنة معايير الأمان الإشعاعي

**ALGERIA*: CHELBANI, S.; *ARGENTINA*: MASSERA, G.; *AUSTRALIA*: MELBOURNE, A.; **AUSTRIA*: KARG, V.; *BELGIUM*: VAN BLADEL, L.; *BRAZIL*: RODRIGUEZ ROCHEDO, E.R.; **BULGARIA*: KATZARSKA, L.; *CANADA*: CLEMENT, C.; *CHINA*: HUATING YANG; *CROATIA*: KRALIK, I.; **CUBA*: BETANCOURT HERNANDEZ, L.; **CYPRUS*: DEMETRIADES, P.; *CZECH REPUBLIC*: PETROVA, K.; *DENMARK*: ØHLENSCHLÆGER, M.; *EGYPT*: HASSIB, G.M.; *ESTONIA*: LUST, M.; *FINLAND*: MARKKANEN, M.; *FRANCE*: GODET, J.-L.; *GERMANY*: HELMING, M.; *GHANA*: AMOAKO, J.; **GREECE*: KAMENOPOULOU, V.; *HUNGARY*: KOBLINGER, L.; *ICELAND*: MAGNUSSON, S. (CHAIRPERSON); *INDIA*: SHARMA, D.N.; *INDONESIA*: WIDODO, S.; *IRAN, ISLAMIC REPUBLIC OF*: KARDAN, M.R.; *IRELAND*: COLGAN, T.; *ISRAEL*: KOCH, J.; *ITALY*: BOLOGNA, L.; *JAPAN*: KIRYU, Y.; *KOREA, REPUBLIC OF*: BYUNG-SOO LEE; **LATVIA*: SALMINS, A.; *LIBYAN ARAB JAMAHIRIYA*: BUSITTA, M.; *LITHUANIA*: MASTAUSKAS, A.;

*MALAYSIA: HAMRAH, M.A.; MEXICO: DELGADO GUARDADO, J.; MOROCCO: TAZI, S.; NETHERLANDS: ZUUR, C.; NORWAY: SAXEBOL, G.; PAKISTAN: ALI, M.; PARAGUAY: ROMERO DE GONZALEZ, V.; PHILIPPINES: VALDEZCO, E.; POLAND: MERTA, A.; PORTUGAL: DIAS DE OLIVEIRA, A.M.; ROMANIA: RODNA, A.; RUSSIAN FEDERATION: SAVKIN, M.; SLOVAKIA: JURINA, V.; SLOVENIA: SUTEJ, T.; SOUTH AFRICA: OLIVIER, J.H.I.; SPAIN: AMOR CALVO, I.; SWEDEN: ALMEN, A.; SWITZERLAND: PILLER, G.; *THAILAND: SUNTARAPAI, P.; TUNISIA: CHÉKIR, Z.; TURKEY: OKYAR, H.B.; UKRAINE: PAVLENKO, T.; UNITED KINGDOM: ROBINSON, I.; UNITED STATES OF AMERICA: LEWIS, R.; *URUGUAY: NADER, A.; EUROPEAN COMMISSION: JANSSENS, A.; FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS: BYRON, D.; IAEA: BOAL, T. (COORDINATOR); INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION: VALENTIN, J.; INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION: THOMPSON, I.; INTERNATIONAL LABOUR OFFICE: NIU, S.; INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION: RANNOU, A.; INTERNATIONAL SOURCE SUPPLIERS AND PRODUCERS ASSOCIATION: FASTEN, W.; OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY: LAZO, T.E.; PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION: JIMÉNEZ, P.; UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION: CRICK, M.; WORLD HEALTH ORGANIZATION: CARR, Z.; WORLD NUCLEAR ASSOCIATION: SAINT-PIERRE, S.*

لجنة معايير أمان النقل

*ARGENTINA: LÓPEZ VIETRI, J.; **CAPADONA, N.M.; AUSTRALIA: SARKAR, S.; AUSTRIA: KIRCHNAWY, F.; BELGIUM: COTTENS, E.; BRAZIL: XAVIER, A.M.; BULGARIA: BAKALOVA, A.; CANADA: RÉGIMBALD, A.; CHINA: XIAOQING LI; CROATIA: BELAMARIĆ, N.; *CUBA: QUEVEDO GARCIA, J.R.; *CYPRUS: DEMETRIADES, P.; CZECH REPUBLIC: DUCHÁČEK, V.; DENMARK: BREDDAM, K.; EGYPT: EL-SHINAWY, R.M.K.; FINLAND: LAHKOLA, A.; FRANCE: LANDIER, D.; GERMANY: REIN, H.; *NITSCHKE, F.; **ALTER, U.; GHANA: EMI-REYNOLDS, G.; *GREECE: VOGIATZI, S.; HUNGARY: SÁFÁR, J.; INDIA: AGARWAL, S.P.; INDONESIA: WISNUBROTO,*

D.; *IRAN, ISLAMIC REPUBLIC OF*: ESHRAGHI, A.; *EMAMJOMEH, A.;
IRELAND: DUFFY, J.; *ISRAEL*: KOCH, J.; *ITALY*: TRIVELLONI, S.; **ORSINI,
A.; *JAPAN*: HANAKI, I.; *KOREA, REPUBLIC OF*: DAE-HYUNG CHO; *LIBYAN
ARAB JAMAHIRIYA*: KEKLI, A.T.; *LITHUANIA*: STATKUS, V.; *MALAYSIA*:
SOBARI, M.P.M.; **HUSAIN, Z.A.; *MEXICO*: BAUTISTA ARTEAGA, D.M.;
**DELGADO GUARDADO, J.L.; **MOROCCO*: ALLACH, A.; *NETHERLANDS*:
TER MORSHUIZEN, M.; **NEW ZEALAND*: ARDOUIN, C.; *NORWAY*:
HORNKJØL, S.; *PAKISTAN*: RASHID, M.; **PARAGUAY*: MORE TORRES, L.E.;
POLAND: DZIUBIAK, T.; *PORTUGAL*: BUXO DA TRINDADE, R.; *RUSSIAN
FEDERATION*: BUCHELNIKOV, A.E.; *SOUTH AFRICA*: HINRICHSSEN, P.;
SPAIN: ZAMORA MARTIN, F.; *SWEDEN*: HÄGGBLUM, E.; **SVAHN, B.;
SWITZERLAND: KRIETSCH, T.; *THAILAND*: JERACHANCHAI, S.; *TURKEY*:
ERTÜRK, K.; *UKRAINE*: LOPATIN, S.; *UNITED KINGDOM*: SALLIT, G.;
UNITED STATES OF AMERICA: BOYLE, R.W.; BRACH, E.W.
(CHAIRPERSON); *URUGUAY*: NADER, A.; *CABRAL, W.; *EUROPEAN
COMMISSION*: BINET, J.; *IAEA*: STEWART, J.T. (COORDINATOR);
INTERNATIONAL AIR TRANSPORT ASSOCIATION: BRENNAN, D.;
INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION: ROONEY, K.;
INTERNATIONAL FEDERATION OF AIR LINE PILOTS' ASSOCIATIONS:
TISDALL, A.; **GESSL, M.; *INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION*:
RAHIM, I.; *INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION*:
MALESYS, P.; *INTERNATIONAL SOURCE SUPPLIES AND PRODUCERS
ASSOCIATION*: MILLER, J.J.; **ROUGHAN, K.; *UNITED NATIONS
ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE*: KERVELLA, O.; *UNIVERSAL
POSTAL UNION*: BOWERS, D.G.; *WORLD NUCLEAR ASSOCIATION*: GORLIN,
S.; *WORLD NUCLEAR TRANSPORT INSTITUTE*: GREEN, L.

لجنة معايير أمان النفايات

ALGERIA: ABDENACER, G.; *ARGENTINA*: BIAGGIO, A.; *AUSTRALIA*: WILLIAMS, G.; **AUSTRIA*: FISCHER, H.; *BELGIUM*: BLOMMAERT, W.; *BRAZIL*: TOSTES, M.; **BULGARIA*: SIMEONOV, G.; *CANADA*: HOWARD, D.; *CHINA*: ZHIMIN QU; *CROATIA*: TRIFUNOVIC, D.; *CUBA*: FERNANDEZ, A.; *CYPRUS*: DEMETRIADES, P.; *CZECH REPUBLIC*: LIETAVA, P.; *DENMARK*: NIELSEN, C.; *EGYPT*: MOHAMED, Y.; *ESTONIA*: LUST, M.; *FINLAND*: HUTRI, K.; *FRANCE*: RIEU, J.; *GERMANY*: GÖTZ, C.; *GHANA*: FAANU, A.; *GREECE*: TZIKA, F.; *HUNGARY*: CZOCH, I.; *INDIA*: RANA, D.; *INDONESIA*: WISNUBROTO, D.; *IRAN, ISLAMIC REPUBLIC OF*: ASSADI, M.; **ZARGHAMI, R.*; *IRAQ*: ABBAS, H.; *ISRAEL*: DODY, A.; *ITALY*: DIONISI, M.; *JAPAN*: MATSUO, H.; *KOREA, REPUBLIC OF*: WON-JAE PARK; **LATVIA*: SALMINS, A.; *LIBYAN ARAB JAMAHIRIYA*: ELFAWARES, A.; *LITHUANIA*: PAULIKAS, V.; *MALAYSIA*: SUDIN, M.; *MEXICO*: AGUIRRE GÓMEZ, J.; **MOROCCO*: BARKOUCH, R.; *NETHERLANDS*: VAN DER SHAAF, M.; *PAKISTAN*: MANNAN, A.; **PARAGUAY*: IDOYAGA NAVARRO, M.; *POLAND*: WLODARSKI, J.; *PORTUGAL*: FLAUSINO DE PAIVA, M.; *SLOVAKIA*: HOMOLA, J.; *SLOVENIA*: MELE, I.; *SOUTH AFRICA*: PATHER, T. (CHAIRPERSON); *SPAIN*: SANZ ALUDAN, M.; *SWEDEN*: FRISE, L.; *SWITZERLAND*: WANNER, H.; **THAILAND*: SUPAOKIT, P.; *TUNISIA*: BOUSSELMI, M.; *TURKEY*: ÖZDEMIR, T.; *UKRAINE*: MAKAROVSKA, O.; *UNITED KINGDOM*: CHANDLER, S.; *UNITED STATES OF AMERICA*: CAMPER, L.; **URUGUAY*: NADER, A.; *EUROPEAN COMMISSION*: NECHEVA, C.; *EUROPEAN NUCLEAR INSTALLATIONS SAFETY STANDARDS*: LORENZ, B.; **EUROPEAN NUCLEAR INSTALLATIONS SAFETY STANDARDS*: ZAISS, W.; *IAEA*: SIRAKY, G. (COORDINATOR); *INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION*: HUTSON, G.; *INTERNATIONAL SOURCE SUPPLIERS AND PRODUCERS ASSOCIATION*: FASTEN, W.; *OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY*: RIOTTE, H.; *WORLD NUCLEAR ASSOCIATION*: SAINT-PIERRE, S.

الأمان من خلال معايير دولية

"يتعين على الحكومات، والهيئات الرقابية والمشغلين في كل مكان ضمان استخدام المواد النووية والمصادر الإشعاعية على نحو مفيد، ومأمون، وأخلاقي. ومعايير الأمان التابعة للوكالة مصاغة لتيسير هذه الغاية، وأشجع جميع الدول الأعضاء على استخدامها."

يوكيا أماتو
المدير العام

الوكالة الدولية للطاقة الذرية
فيينا

ISBN 978-92-0-633110-1
ISSN 1996-7497