

الفصل الحادي عشر

مخازن المصادر المشعة
ومواقع عمل التصوير الشعاعي

يعرف المخزن بشكل عام بأنه المكان الذي يوضع فيه المصدر بغرض حماية الإنسان والبيئة من الإشعاع و هذه المخازن تستخدم أما كمخزن مؤقت لغرض الانحلال الإشعاعي أو لغرض استخدامها مرة أخرى .اي ان عملية التخزين وضع المصدر المشع أو الجهاز الحاوي عليه في مستودعات ذات مواصفات خاصة، بهدف وقاية العاملين و الجمهور والبيئة من الاشعاع واستعادته على المدى القصير او الطويل ،من أجل استخدامة في موقع العمل اوخزنة مؤقتا لغرض الانحلال مع التاكيد على المعرفة التامة لمحتويات المخزن واتخاذ الاجراءات الكفيلة بوقاية وامان العاملين. لمالك المصادر المشعة أن يحدد أحد هذه الخيارات الذي يحقق غرضه من اجل متطلبات عمله،ولكن لا بد من الاشارة إلى أن الظروف المحلية يمكنها أن تفرض عليه تدابير واجراءات أخرى يجب عليه الأخذ بها، مع الحفاظ على اتباع المعايير والقواعد الموضوعة والملزمة، عند إختيار إحدى هذه الطرائق من الأخذ بعين الاعتبار الناحية الاقتصادية.

تتطلب مناطق التخزين وجود موقع آمن تحيط به حواجز مادية (سور ، جدران، أبواب ... وغيرها) محكمة الغلق لة مدخل جيد يتضمن نظام إنذار ويحتوي على بئر او مجموعة من الابار، ومن ثم يجب ان تكون المصادر المشعة مغلقة وموضوعة في حاويات رصاصية ذات تدريع ملائم وضمن عبوة تغليف خاصة تساعد في عمليات النقل.في حالة المخازن المركزية المستخدمة لتخزين المصادر ذات النشاط الاشعاعي العالي أو عمر النصف الطويل، تكون اجراءات الأمان أكثر صرامة من مخازن المصادر ذات النشاط الاشعاعي العالي أو عمر النصف القصير. بغض النظر عن نوع المخزن المستخدم، من الضروري وضع ملصقات على جميع الحاويات المخصصة لتخزين المصادر المشعة والمقاييس النووية تتضمن المعلومات التالية نوع المصدر،رقمة التسلسلي، نشاطة الاشعاعي عند بدء التخزين، وإشارة التحذير من الإشعاع. يصمم المخزن وينشأ بعد موافقة السلطة الرقابة على ذلك ويجب أن تتوفر الشروط التالية في مخزن المواد المشعة .

- ١ - الأمان من دخول الأشخاص غير المخولين أو اللصوص .
- ٢ - الإشارات التحذيرية من الإشعاع الصفراء اللون وتكون مرئية لأي شخص يدخل المخزن .
- ٣ - الجرعة الإشعاعية في المنطقة غير المحددة (unrestricted) لا تتعدى (2٠) $\mu\text{Sv/h}$ للعاملين في الاشعاع.

- ٤ - المخزن يكون ذات سعة كافية لحفظ أكبر عدد ممكن من المصادر المرخصة .
- ٥ - المخزن يكون بعيدا ما أمكن عن المناطق التي يتواجد فيها العاملين أو الجمهور .
- ٦ - المخزن يكون مسيطراً عليه للدخول لغير المرخصين .
- ٧ - يحتوي المصدر على معدات لرفع أو وضع المصدر في البئر .

٨ - يمنع خزن مواد ومعدات غير مشعة في المخزن.

٩- تكون التهوية في المخزن جيدة في حالة خزن المواد المشعة التي يمكن أن تولد عوالم مشعة كما في حالة خزن ^{226}Ra , ^{131}I , ^{125}I .

يوضح الجدول (١١-١) سمك النصف التقريبي لجدران المخزن لمواد ومصادر مختلفة. يتضح من الجدول أنه عند خزن مصدرين أحدهما جامي والآخر نيوتروني نستخدم مادتين أحدهما الرصاص والآخرى من البولي إثيلين أو يفضل استخدام الكونكريت الصلب والذي يكون رخيص الثمن ومؤثر لكل من جاما والنيوترونات ، تغلق هذه الدروع كل المنافذ بين المصدر والمنطقة المشغولة من قبل العاملين أو المناطق غير المحددة كتصميم جدار (Maze) والذي يسمح بالدخول إلى المخزن ولا يعرض الأشخاص إلى الإشعاع المباشر أو المتشتت من المصدر. بعد وضع الحواجز الوقائية يجب قياس النشاط الإشعاعي حول المخزن باستخدام الأشعة المحمولة .

الجدول (١١-١) سمك النصف لجدران المخزن لمواد ومصادر مختلفة

المادة	السييزيوم - 137 مصدر كما	مصدر Am-241-Be نيوتروني
الكونكريت	5 سم	10-75 سم
الرصاص	0.625 سم	-
البولي إثيلين	9.5 سم	6 سم

١١ - ٢ إدارة المصادر الصناعية المشعة :

يوجد عدد من السياسات التي تستخدمها بعض الدول للتعامل مع المصادر المشعة الصناعية المستهلكة وهي :-

١ - تحديد عدد المصادر :

يتطلب هذا الخيار النظر في جميع العوامل التي تستخدم هذه المصادر ، وتقييم كل حالة من الحالات بمفردها للحصول على الفائدة المتوخاة من استخدام المصادر ذات النشاط الإشعاعي العالي ومقارنتها بالأضرار الناتجة عن المصادر المستهلكة . للوصول لهذه الخيارات يتوفر عدد من الاحتمالات هي

:-

- تحديد شراء واستخدام المصادر الصناعية ذات النشاط الإشعاعي العالي و يتم ذلك باستخدام التكنولوجيا البديلة عن استخدام المصادر المشعة مثل استخدام تقانة الإشعاعات غير المؤتية

- في التطبيقات الصناعية . ولكن الاستخدام الواسع للمصادر المشعة في التطبيقات الصناعية والطبية والتاريخ الطويل لهذا الاستخدام يجعل حذف الاستخدام كلياً أمراً غير عملياً .
- إعادة المصادر إلى المصنع : يتم الاتفاق من الشركة المصنعة للمصدر المشع على إعادته للشركة بعد استهلاكه .
- التعامل مع المصادر المشعة الصناعية غير المتوقعة .
- الخزن طويل الأجل .

ب - تدوير أو إعادة استخدام المصادر المشعة :

- الدول عليها تبني خيار تشجيع تدوير أو إعادة استخدام المصادر المشعة المستخدمة من خلال استخدام المصدر في تطبيقات أخرى في نفس البلد أو إعادة المصدر إلى المجهز لغرض إعادة تدويره أو استخدامه . العوامل الاقتصادية والبيئية وأمان المصادر تجعل هذا الخيار من الخيارات المهمة، ويجب تعميم هذا الخيار من خلال ما يلي :
- العامل الاقتصادي لغرض عملية التدوير .

- كلفة الخزن الطويل عند عدم توفر عملية إعادة التدوير .
- المتطلبات التقنية لإعادة التدوير أو الاستخدام .
- توفير متطلبات الأمان والأمان .
- قبول الجمهور لعملية التدوير أو الخزن .

من خلال التعاون الدولي بين الحكومات توضع الأسس ومتطلبات السيطرة والأمان والعامل الاقتصادي لكل من المستخدم والمجهز لتطوير عملية إعادة التدوير أو الاستخدام . لذلك يجب على الدول تشجيع خيار إعادة المصدر إلى المصنع . جميع المستلمين للمصادر عليهم التزامات مالية لا إعادة تدوير أو استخدام المصادر المشعة الصناعية وأن وضع هذه الالتزامات المالية يجب أن يأخذ في الحسبان في بداية استخدام المصدر لغرض الإيفاء بالالتزامات المالية عند استهلاك المصدر لذلك يقوم مصنعي المصادر لتقديم أفضل خدمات إعادة التدوير أو الاستخدام ويبنى ذلك على الكلفة الاقتصادية، والأمان . عند تطبيق هذا الخيار بشكل واسع تكون الترتيبات القانونية والإدارية بسيطة ونقل المعلومات والتعاون الدولي في هذا المجال من الأمور المهمة في جميع الاستراتيجيات على المستوى الوطني أو العالمي وهي مهمة جدا لتحقيق هذا الخيار . ومن الأمور المهمة الأخرى التعامل مع المصادر المشعة غير المتوقعة وهي المصادر المفقودة أو المصادر اليتيمة (orphan) والتي يتم اكتشافها بشكل غير متوقع ولا تكون لهذه المصادر وثائق تعريف أو معرفة مالك المصدر وجود سياسة عامة للتعامل مع مثل هذه المصادر على المستوى المحلي والوطني و من

الأولويات المهمة عند اكتشاف مثل هذه المصادر وضع أسس الأمان والوقاية .وسبب وجود هذه المصادر هو:

- السكراب .
- المنشآت الصناعية المتروكة .
- التهريب عبر الحدود (illicit trafficking) .
- الأجهزة المتروكة .

ج - الخزن قبل التخلص من المصادر المشعة :

١١ - ٣ أنواع الخزن

١- الخزن لغرض الانحلال Decay storage :

بالرغم من أن مثل هذه المخازن تكلف مبلغا من المال ولكنه أقل بكثير من كلف التدوير . توجد فوائد كثيرة من خزن المصادر لغرض انحلالها إشعاعيا قبل اتخاذ أي إجراء و يمكن التوصل إلي ذلك عن طريق خزن المصادر في مخزن مرخص من السلطات الرقابية في موقع المالك للمصدر والذي يكون مفيدا للخزن المؤقت للمصادر ذات أعمار النصف القليلة نسبيا مثل ^{192}Ir . الخزن في موقع الاستخدام يوفر فرصة جيدة للخزن الآمن لفترة طويلة نسبيا وتقليل المخاطر الإشعاعية .مثل هذا الخيار مهم للمصادر المشعة المغلقة ذات عمر النصف القصير في موقع المالك عن طريق تخزينها في موقع ذي مواصفات ملائمة مع إجراء مراقبة اشعاعية مستمرة حتى يصل النشاط الإشعاعي للمصدر الى مستويات واطئة جدا (٧٠ كيلوبيكرل/كغ وتعادل 2nCi/g تقريبا) بعدها تصرف كنفايات عادية.الفترة الزمنية للانحلال عادة ماتعادل عشرة أمثال نصف العمر للنظير المشع والتي تكون كافية ليصبح النشاط الإشعاعي للمصدر ضمن مستويات قابلة للتخلص منها على أنها نفايات اعتيادية اذا كان النشاط الإشعاعي المتبقي المصدر إلى البيئة ضمن الحدود والمعايير الموضوعه من قبل السلطة الرقابية. توضع المصادر المشعة المستهلكة بقصد التفكك في الحاويات التي شحنت فيها بعد اخراجها من الأجهزة التي كانت فيها، على أن يوضع ملصق على سطح الحاوية تدون فيه جميع المعلومات المتعلقة بالمصدر والتي تتضمن إشارة تحذير من الإشعاع ، نوع المصدر المشع، النشاط الإشعاعي، تاريخ بدء التخزين بقصد التفكك وتاريخ انتهاء التخزين لكي يتم تصريف المصدر كمادة غير مشعة.خلال جميع فترة الخزن يجب إجراء مراقبة ومسح إشعاعي للمصدر المشع وإجراء الفحص الدوري واختبارات المسحات للتحقق من خلو الحاويات من التسرب والتلوث. يفضل ان يكون موقع الخزن بقصد الانحلال ضمن المنشأة في مخازن مدرعة

جدرانها سميكة ومدخلها مغلق ويحظر الدخول لغير الأشخاص المخولين لكي تقي عاملي المنشأة من التعرض للأشعة. من أهم مواصفات مخازن المصادر المشعة أن تكون معزولة بعيدة عن مكان وجود العاملين، الأرضية مكسوة بقطعة كاملة من النايلون لغرض تسهيل إزالة التلوث الإشعاعي عنها، تكون مرتفعة عن سطح الأرض لكي لا تدخلها المياه أثناء الأمطار الغزيرة والفيضان، وأخيراً يسيج المحزن بسور مشبك من الحديد السميكة عرضة لا يقل عن ٢ متر وباب يغلق ويقفل، مع وضع إشارات تحذير من الإشعاع.

٢ - الخزن لفترة (Interim storage) :

تستخدم هذه المخازن لغرض خزن المصادر المشعة ذات أعمار النصف أكثر من خمس سنوات لغرض تهيئتها للطمر في موقع طمر سطحي وهو الأكثر أمناً وأقل كلفة لغرض التعامل مع المصادر المستهلكة والنفايات الصناعية ويجب التذكير بأن الكلفة التي تصرف في بعض الحوادث الإشعاعية الصناعية قد تكون أكبر بكثير من الكلفة المصروفة على إنشاء موقع طمر سطحي. أما موقع الطمر العميق فيكون مطلوباً على المستوى الوطني أو الإقليمي مثل مواقع الطمر هذه تكون مهمة للدول التي تملك مفاعلات أو محطات قدرة نووية والتي تولد نفايات مشعة ذات نشاط إشعاعي عالي. أما الدول التي لا تمتلك مفاعلات نووية فأن بناء مواقع طمر عميقة يكلف كثيراً مقارنة بالفائدة منه. والحل العملي لمثل هذه الحالة هو التعاون الدولي لإنشاء مواقع طمر عميقة على المستوى الإقليمي ووضع نظام وطني فعال لأمن وأمان عمل هذه المنشآت. وقبل الطمر يجب توفر مواقع لمعاملة المصادر المشعة، توجد خيارات كثيرة لغرض خزن المصادر المشعة المستهلكة لفترة. منشآت الخزن لفترة قد تحتاج إلي أكثر من خيار لغرض تقديم الخزن لفترة إلي مدى أوسع من المصادر المشعة المستهلكة التي من المتوقع مجابتهها. ومن أهم هذه الخيارات :

(١) استخدام حاوية المصدر المستهلك في مخزن غير مدرع :

عندما يكون المخزن غير مدرع بما فيه الكفاية، فمن المناسب خزن المصدر داخل درعه في المخزن. تستخدم الحاوية المدرعة للمصدر كحاوية نقل والتي تسلم إلي المخزن على أساس عدم إرجاع الحاوية. ويمكن إضافة تدريع آخر من الاسمنت للمخزن عند الخزن. من المهم معرفة الفرق بين خزن المصادر المستهلكة بهذه الطريقة والخزن المؤقت في موقع المالك. عدد من الحوادث الإشعاعية المهمة قد حصلت نتيجة لخزن المصادر في حاويات نقل غير مناسبة. منشآت الخزن لفترة تحتاج إلي إمكانية إخراج المصدر من حاويته فيل طمره. بالإضافة إلي ذلك فإن الحاوية الأصلية للمصدر قد لا يمكن أن تطبق عليها لوائح النقل الحالية.

هناك حدود تشغيلية تتضمن متطلبات العزل . متطلبات العزل تخضع إلي الظروف المستقبلية المتوقعة ومتطلبات التخلص من المصدر المشع وقد تتضمن حدود ومعدل الجرعة حول الحاوية ، يتم العزل للمصادر المشعة استنادا لنوع الإشعاع وعمر النصف للمصدر .

(٢) المصدر المشع المستهلك في حاوية غير مدرعة في مخزن مدرع:

توجد أمثلة كثيرة لهذا الخيار في خزن المصادر الجافة ، مثل وجود آبار للخزن تقع أسفل وحدة معالجة المصادر . في هذه الحالات فإن المصادر تحفظ في حاويات صغيرة الحجم . والمثال هذا النوع من مخازن النفايات المشعة هو وجود عدد من الآبار في المخزن في هذه المنشآت . ويوضح المخطط (شكل ١١-١) المراحل المختلفة لمنظومة إدارة طمر المصادر المغلقة المستهلكة وهذه المراحل :

المرحلة الأولى :

تتضمن تشخيص المصدر المستهلك أو الناضب يتطلب إعلام السلطة الرقابية عن وضعية المصدر . وعند التحضير للخزن المؤقت يجب الأخذ بنظر الاعتبار إعادة التدوير في المستقبل. في هذه المرحلة تعزل المصادر التي سوف يعاد تدويرها أو يعاد استخدامها عن بعضها والتأكد بان خزنها امن.

المرحلة الثانية:

هو الخزن المؤقت قبل النقل إلي المخزن السطحي أو الطمر لغرض الحصول على أفضل مستوى عملي للأمان والوقاية الإشعاعية في شروط خزن لا تؤثر على خواص وشكل حاوية المصدر ، تأخذ بعض الخطوات المهمة في الخزن المؤقت بالتزامن مع خطوات أخرى في إدارة المصادر المستهلكة . من أهمها :

١ - الأجهزة المتنقلة المستخدمة في التصوير الإشعاعي تنقل باجمعها إلي موقع الخزن المؤقت . الأجهزة المتنقلة الكبيرة مثل أجهزة العلاج الإشعاعية عن قرب (branchy therapy) فإن أخراج المصدر مع حاويته من هذه الأجهزة يجب أن يتم في موقع العمل ثم ينقل المصدر وحاويته إلي موقع الخزن المؤقت .

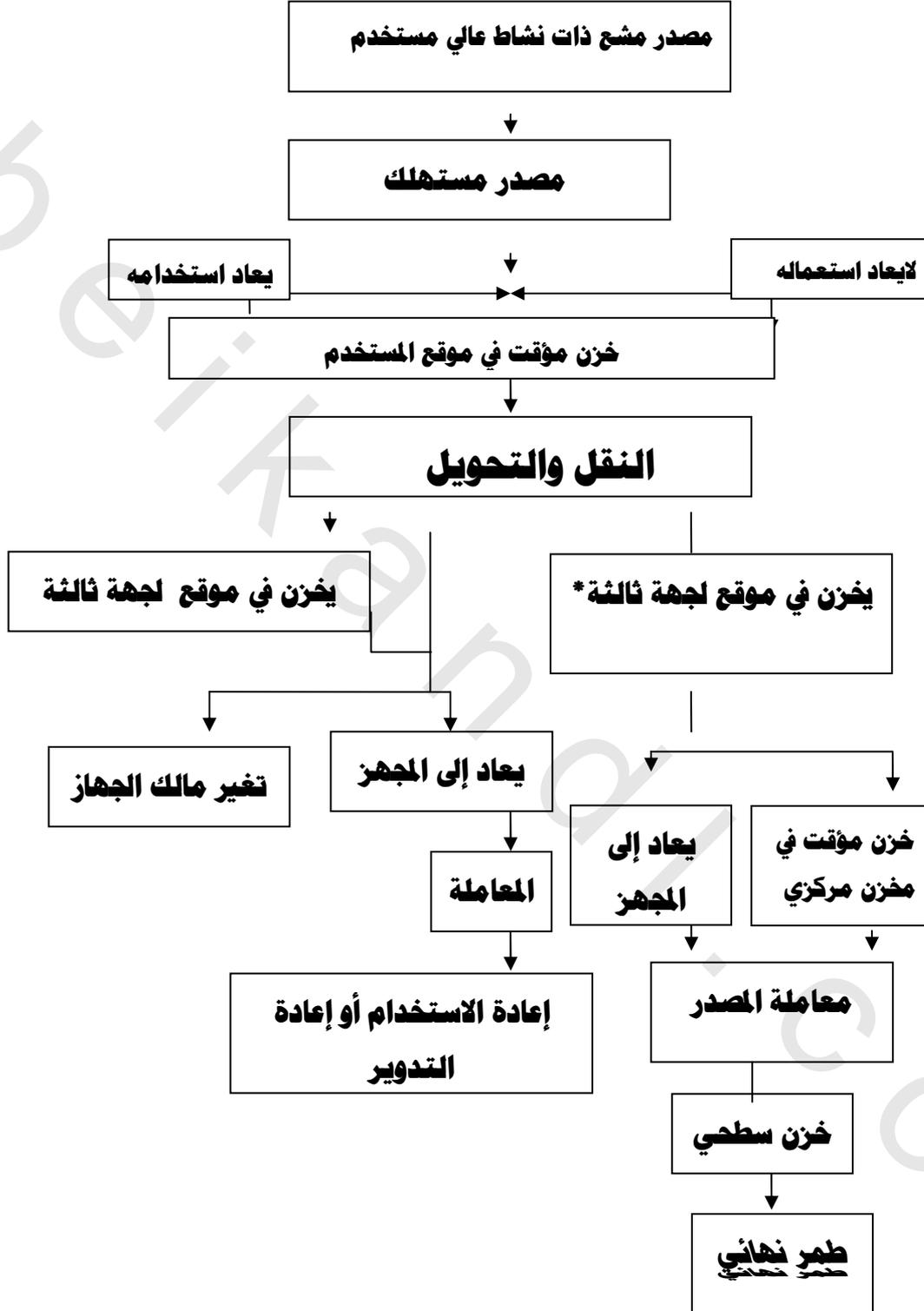
٢ - الأجهزة المثبتة بشكل دائم مثل أجهزة التشعيع أو أجهزة العلاج الإشعاعي عن بعد يفضل أن يبقى في موضعها ويعتبر ذلك كخزن مؤقت . أما إذا كان المطلوب تحويل ونقل هذه الأجهزة فيجب أن يتم فصل المصدر المشع مع حاويته من قيل خبير متخصص في هذا المجال .

المرحلة الثالثة:

فهي التهيئة لنقل المصادر المشعة إلي المخزن السطحي والذي يبدأ باختبار مسار النقل والتحضير للنقل إلي الموقع المختار . النقل قد يكون بریا ، بحريا ، جويا ، وقد يكون النقل عبر الحدود الدولية

أهم النقاط التي تتوفر في عملية نقل المصادر المستهلكة ذات النشاط الإشعاعي العالي تأخذ بعين الاعتبار الصعوبات والكلفة في هذه العملية لذلك من الطبيعي أن يحفظ المصدر بشكل مؤقت بدون تحويله إلى مخزن سطحي أو موقع لطمر النفايات . الخزن المؤقت لا يتلاءم مع أمن المصادر ومتطلبات السيطرة على المصادر . وقد أوضحت الخبرة المتراكمة بأن الحوادث تحصل عندما يكون المصدر في الخزن المؤقت . لذلك يجب تقديم كل الإمكانيات لغرض نقل المصادر المستهلكة المشعة إلى مخزن سطحي مركزي في زمن معقول . عندما يستلم المصدر في المخزن المركزي يجري له بعض المعاملة قبل وضعه في المخزن . من المتطلبات المهمة في المخازن السطحية هو عزل المصادر المشعة المستهلكة لان العزل مهم في أمان المصدر وفي العمل اليومي للسيطرة على المصدر ومتطلبات الطمر المستقبلية . أن سياسة العزل تتضمن العزل على أساس نصف العمر و مستوي النشاط الإشعاعي . وفي النهاية فإن المصدر سوف يتم إخراجهُ من المخزن السطحي لغرض النقل إلى موقع الطمر النهائي .

شكل (١١- ١) مخطط ادارة المصادر الصناعية المستهلكة



* لايفضل هذا الخيار -

٣ - الخزن المؤقت :

يحصل الخزن المؤقت في الوقت الذي تخزن فيه المصادر المستهلكة على أساس مؤقت في موقع مالك المصدر أو في موقع لجهة ثالثة . قد يحصل الخزن المؤقت في زمن تبديل المصدر أو عندما يخرج الجهاز الحاوي على المصدر المشع من الخدمة . الخزن المؤقت يفضل أن يكون لفترة قصيرة ما أمكن قيل نقل المصدر إلي مواقع الخزن لفترة أو للمواقع التي يتم التعامل بها مع هذه المصادر وتتضمن فترة الخزن المؤقت وضع الخطط لنقل ومعاملة المصادر . هذه المخازن تتوفر فيها أمن وسلامة المصدر والعمل المستقبلي للمواقع والسيطرة الإدارية على المصادر المخزونة وجميع هذه المتطلبات ضمن مستلزمات الإجازة الصادرة عن السلطة الرقابية والتي تقوم دوريا بعملية التفتيش الدوري للتأكد بأن المواقع تعمل حسب متطلبات الإجازة . أحد الخيارات الممكنة للخزن المؤقت هو الخزن الرطب (wet storage) ويطبق في مواقع التصنيع للمصادر ذات النشاط الإشعاعي العالي أو أجهزة التشيع الكبيرة .

التحضير للخزن المؤقت يمكن أن يأخذ أحد المرحلتين الآتيتين :

أ- إخراج المصدر من موقع عمله وتحويله إلي مخزن مؤقت . عند هذا الاختيار فإنه لا يتم فصل المصدر عن درعه الواقي ولا تتم أي محاولة لتعطيل منظومة إغلاق المصدر . أن فصل المصدر من درعه الواقي يتم بموجب خطوات مصادفة عليها وبواسطة أشخاص مدربين جيدا وإلي حاوية نقل مصممة خصيصا لذلك المصدر .

ب - المصدر يبقي في موقع عمله قبل الخزن المؤقت . ويطبق هذا الاختيار في حالة الأجهزة الثابتة ، ففي الخزن المؤقت يتم بترك المصدر في الجهاز بحيث لا يبعث الأشعة ويتم التأكد من ذلك بالمسح الإشعاعي الروتيني أما في حالة الخزن الرطب فإن نوعية ومستوي الماء يجب فحصها باستمرار طويلة فترة الخزن .

المصادر المشعة المستهلكة يتم تحضيرها بإضافة طريقة للأمان للتأكد من أن المصدر لا يتحرك من موقع الأمان داخل الحامل . أن عملية الأمان يجب أن تصمم وتوضح بطريقة يسمح بها بإخراج المصدر من الحامل بسهولة بعد فترة . توضع فوق الأجزاء المحورة لصقة توضح عليها طريقة عمل هذه الأجزاء

وسبب وضعها . يتضمن كذلك التحضير للخزن قياس المسحات لغرض قياس التلوث الإشعاعي . وفي حالة حصول هذا التلوث فإن معرفة السبب ضرورية جدا ويجب احتواء التلوث الإشعاعي طيلة فترة الخزن المؤقت .

الأجهزة التي تحتوي على مصادر مغلقة ينصح بتغليفها في فترة الخزن لغرض حمايتها من الأضرار البيئية مثل التآكل والأوساخ والحشرات والمواد الأخرى غير المرغوب بها للدخول إلي الأجزاء الحساسة لحامل المصدر الإشعاعي . كذلك توضح على الجهاز علامات تحدد الخواص المهمة للمصدر مثل نوع النظير المشع ، تاريخ التصنع ، الرقم التسلسلي ، النشاط الإشعاعي وتاريخ التعبير . وكذلك توضح علامات تحذيرية من الإشعاع عند فترة الخزن .

السيطرة الإدارية والتوثيق :

لغرض السيطرة الإدارية يسمى شخص مدرب جيدا في الأمان الإشعاعي على المصادر المستهلكة ذات النشاط الإشعاعي العالي في موقع الخزن المؤقت . وتوضع خطة مكتوبة لغرض السيطرة الإدارية تكون مهمة ومطلوبة وتتضمن ما يلي :

- اختبار منظومة الأمان في موقع الخزن .
- أي اختبار مطلوب للتأكد من أمان حامل المصدر المشع .
- اختبار المسحات ، المسح الإشعاعي ، واختبار عمل أجهزة الكشف الإشعاعي .
- التأكد من أن جميع العلامات واللصقات موجودة ويمكن الاعتماد عليها .
- التأكد من أن جميع الأشخاص الداخلين إلي المخزن المؤقت مدربين جيدا ومرخصين اشعاعيا .
- تأخذ جميع المتطلبات لتقليل فترة الخزن المؤقت .
- لا يحصل أي تغيير في الواجبات عند تغيير الأشخاص أو مالك الموقع .
- جميع الوثائق الرسمية العائدة للمصدر والجهاز يجب أن تنقل مع الجهاز إلي المخزن الأمان والذي تتم السيطرة شخص مرخص ومسمى من نيل الإدارة .
- ويجب أن تضمن الوثائق ما يلي :

(١) شهادة منشأ المصدر وجميع المعلومات الخاصة به .

(٢) الخطوات المتبعة للتعامل مع المصدر مثل وضع أو أخراج المصدر في الحاوية وتوضيح الطريقة الملائمة للنقل .

- الأشكال التوضيحية وأي معلومات تقنية حول المصدر والجهاز .
- معلومات حول الفحص الإداري خلال فترة الخزن .

من المصادر المهمة المستخدمة في التطبيقات الصناعية والطبية هو ^{192}Ir والذي يمتاز بأن نصف العمر له قصير (74 يوم) لذلك بفضل خزنة مؤقتا لكي ينحل إشعاعيا . أن فترة الانحلال الإشعاعي في الخزن تعتمد على مجموعة من العوامل منها النشاط الإشعاعي للمصدر ، مستوى النشاط الإشعاعي المقبول بغرض التخلص من المصدر، و تاريخ التشعيع لمادة المصدر . وعند خزن هذا المصدر مؤقتا فإن ميكانيكية الأمان التي تمنع سقوط المصدر من حاويته يجب أن تختبر

دائماً وأن المغلاق يكون في وضع الغلق . والمسح الإشعاعي الدوري لضمان عدم وجود تلوث إشعاعي أو مستوي إشعاعي غير اعتيادي . يخزن الجهاز قريبا من أجهزة التصوير الإشعاعي المشابهة والمستخدمه في الفحص . المكان الذي توضح فيه هذه المصادر تثبت عليها شريحتين من البلاستيك تحتوي على معلومات تفصيلية عن الجهاز وتوضح بأن الجهاز في حالة خزن مؤقت وأن لا يحرك من مكانة . ويكون المخزن مقفلا ولا يتم الدخول إلا للأشخاص المخولين.

١١ - ٤ أنواع المخازن

توجد عدة انواع من مخازن المصادر المشعة تعتمد على نوع المصدر ،نشاطه الاشعاعي ،حجمه والغرض من الخزن ومن اهم الانواع :

(١) الخزائن المدرعة:-

يكون هذا الخيار ملائما لخزن الحاويات الصغيرة التي توضع على أرض الخزان ، والمصادر النقطية التي توضع على الرفوف الداخلية للخزانة. تكون هذه المخازن مشابهة تقريبا لخزانات البنوك و تبطن من الداخل بصفائح من الرصاص، وتجهز بقفل خاص لايمكن فتحه إلا باستخدام أرقام سرية معينة شكل ١١ - ١. هذه الخزائن توضع على الأرض مباشرة.تمتاز بصلاقتها ،توفرها ،رخص ثمنها مقارنة بالانواع الاخرى من المخازن .يتم اختبار هذه الخزائن لمقاومتها للحريق والسقوط والانفجارومقاومة الا اختراق. يوضع على باب الخزائنة ملصق يدون فيه معلومات كاملة عن المحتويات وتاريخ إدخالها والنشاط الاشعاعي للمنباع المحفوظة مع لصق إشارة تحذير من الإشعاع على جميع جوانب الخزائن.

شكل ١١ - ٢ خزانة مدرعة تستخدم لتخزين المصادر المشعة



(٣) المخازن الاسمنتية:-

تستخدم هذه المخازن لتخزين أعداد كبيرة من الحاويات الصغيرة والمتوسطة مختلفة النشاط الإشعاعي . تصنع هذه المخازن من غرف مصنعة من الخرسانة المسلحة ذات جدران سميكة وخالية من النوافذ وتكون الابواب من الحديد السميك المبطن بالرصاص لا يمكن فتحه إلا باستخدام أرقام خاصة، كما يزود مدخل الغرفة بجهاز إنذار يحذر من دخول الأشخاص غير المخولين. يحتوي المخزن على رفوف تستخدم لحفظ الحاويات الصغيرة ، أما الحاويات الكبيرة والثقيلة فيجري وضعها على أرض الغرفة مباشرة،.يوضع على باب المخزن علامات تحذيرية ومخطط يوضح معرفة مكان كل حاوية ولا يتطلب الأمر المكوث داخل المخزن مدة طويلة عند اخراج أو إدخال الحاويات .

(٣) المخازن (حجرة) الاسمنتية المسلحة تحت سطح الأرض:-

تكون هذه المخازن من غرف تبنى من الخرسانة المسلحة او الطابوق والاسمنت وتكون داخل الارض وبذلك يستفاد من التربة على الجوانب والسقف لزيادة عامل التدريع وتستخدم لخزن مختلف احجام الحاويات التي لا يتطلب فتحها من حين لآخر وتستخدم للخزن لفترة طويلة. تجهز هذه الحجرات بباب سميكة من الاسمنت المسلح ضمن إطار معدني محكم الاغلاق يمكن تحريكه على سكة خاصة في قاعدة المخزن شكل (١١ - ٣ أ). كذلك تستخدم بعض شركات حفر الابار النفطية

مثل هذه المخازن لغرض خزن المصادر المشعة لسبر الابار والتي تستخدم بين فترات طويلة نسبيا .توضع حاويات المصادر المشعة فوق رفوف باستخدام معدات رفع ميكانيكية وتنزل الرفوف بحاوياتها داخل الغرفة الاسمنتية. شكل (١١ - ٣ ب).

(٤) المخازن (حجرة) فوق سطح الارض:-

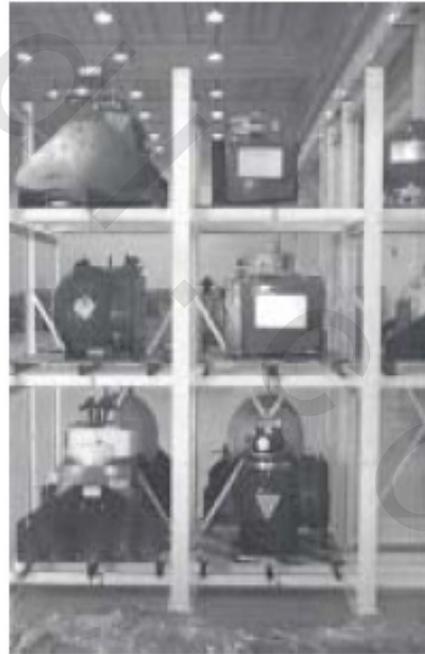
تستخدم هذه المخازن لغرض تخزين المصادر مع حاوياتها بشكل مؤقت واخراجها عند الاستخدام اوخزن المصادر المستهلكة لحين ارجاعها للشركة المصنعة او طمرها .تشيد هذه المخازن في منطقة مرتفعة عن المياه الجوفية بعيدة عن أماكن وجود العاملين ولكنها قريبة من طرق المواصلات. تبنى المخازن بالطابوق والاسمنت شكل (١١ - ٤) او تكون بشكل حاويات حديدية كبيرة في داخلها حفر اسمنتية مبطنة بالحديد وبعمق بين ١ - ٢ متر وغطاء اسمنتي او حديدي مبطن بالرصاص شكل (١١ - ٥) ويوجد داخل المخزن قاطع من السمنت (Maze) لغرض وقاية العاملين عند دخول المخزن .

شكل (١١ - ٣ أ و ب) مخزن اسمنتي داخل الارض وداخلة رفوف حديدية توضع عليها حاويات المصادر المشعة.

ب



أ



شكل (١١-٤) مخزن فوق سطح الارض



يتم اخراج وادخال المصادر بحاوياتها باستخدام الرافعات الجسرية في حالة المصادر الكبيرة والحبال في حالة الحاويات الصغيرة. يمثل المخزن منطقة السيطرة الإشعاعية. توجد داخل المخزن وبعد المدخل مباشرة منظومة لقياس الجرعة

شكل (١١-٥) مخزن فوق سطح الارض يحتوي على حفر اسمنتية



الإشعاعية تتصل بمنظومة صوتية ضوئية تعمل عند تجاوز الجرعة داخل المخزن حد معين شكل (١١-٦). يحاط المخزن بسياج مشبك معدني يمثل منطقة المراقبة الإشعاعية توضع على السياج ومن جميع الجهات العلامات التحذيرية من الإشعاع. ويوضح الشكل (١١-٧) مخطط للمخزن وإبار (حفر) الخزن . تستخدم هذه الطريقة لتخزين الحاويات الصغيرة والمتوسطة، ويمكن تخصيص كل حفرة لنوع محدد من المصادر المشعة، إضافة إلى كونها أكثر أماناً للعاملين أثناء عمليات إدخال وإخراج المصادر،

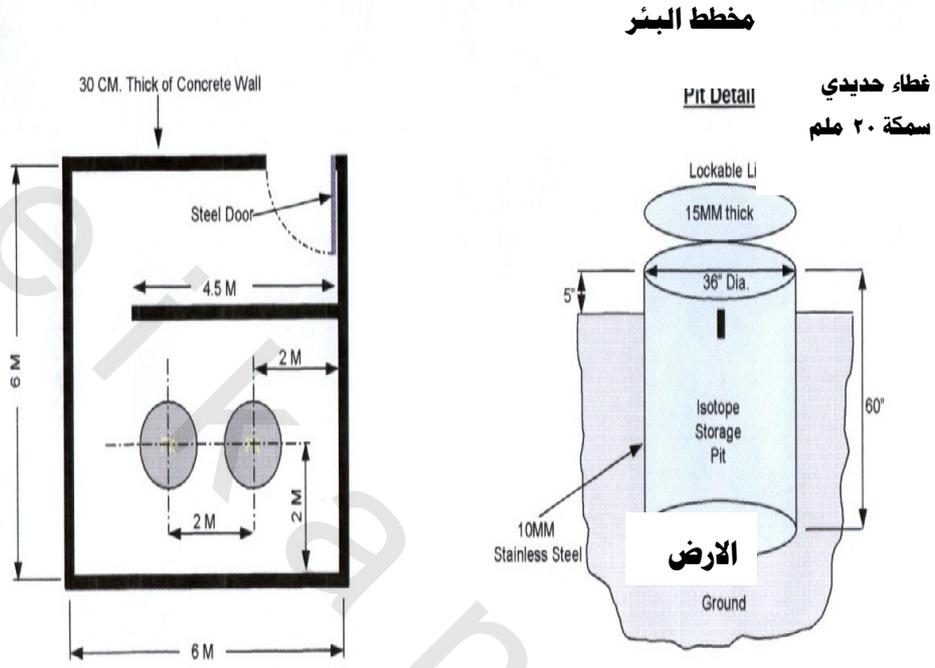
في حالة مواقع النفط والغاز البحرية التي تكون بشكل منصات ثابتة أو بارجات تستخدم فيها مصادر الإشعاع بشكل مقاييس نووية أو أجهزة التصوير الإشعاعي التي تحتوي على مصادر باعثة لأشعة جاما أو أجهزة أشعة سينية. تحتاج هذه المصادر إلى مواقع خزن، ولمحدودية مساحة المواقع البحرية للنفط والغاز تكون مخازن المصادر المشعة صغيرة وتنتشر في منطقة بعيدة عن سكن وتواجد العمال وتكون

باتجاه الماء من معظم الجهات. توضع حاويات المصادر المشعة على أرض المخزن وتكون من الحديد المبطن بالرصااص. ويمثل المخزن منصقة السيطرة وحولة سياج بشكل مشبك حديدي أو حبال يمثل منطقة المراقبة يوضح الشكل (١١-٨) مخزن المصادر الشعة في احد المنصات البحرية للغاز .

شكل (١١-٦) منظومة صوتية ضوئية تعمل عند تجاوز الجرعة داخل المخزن حد معين توضع في مدخل مخازن المصادر المشعة.



الشكل (١١-٧) مخطط هندسي للمخازن فوق سطح الارض والابار داخلها



سياج بعرض لا يقل عن ١.٥ متر

الشكل (١١ - ٨) مخزن المصار الشعبة في احد المنصات البحرية للغاز.



٥- مخازن بشكل حاويات حديدية Container :

هذه المخازن عبارة عن حاويات حديدية كتلك التي توضع على الناقلات البرية لنقل المواد عبر الحدود. تستخدم هذه المخازن لخرن الحاويات (البراميل) التي تحتوي على مواد مشعة ذات نشاط اشعاعي واطى مثل المواد المشعة طبيعيا (NORM) حيث ان سمك الحاوية الحديدية يكون كدرع مناسب من المواد ذات النشاط الاشعاعي الواطى يتم احاطة المخزن بسياج يمثل منطقة المراقبة.

شكل (١١ - ٩)

اوتستخدم مثل هذه الحاويات كمخازن متقلة لخرن المصادر المشع المستخدمة للتصوير الصناعي في موقع العمل حيث تتضمن مواصفات أي مخزن اخر من سياج خارجي وممر (Maze). هذه الطريقة توفر عملية نقل المصادر المشعة ومخاطرها يوميا من المخزن لمركزي الى موقع العمل.

شكل (١١ - ٩) حاويات حديدية تستخدم كمخازن لخرن المواد المشعة طبيعيا
(NORM)



يوضح الجدول (١١ - ٢) مقارنة بين الانواع المختلفة للمخازن التي تم شرحها انفا.

الجدول (١١ - ٢) خلاصة الانواع المختلفة للمخازن

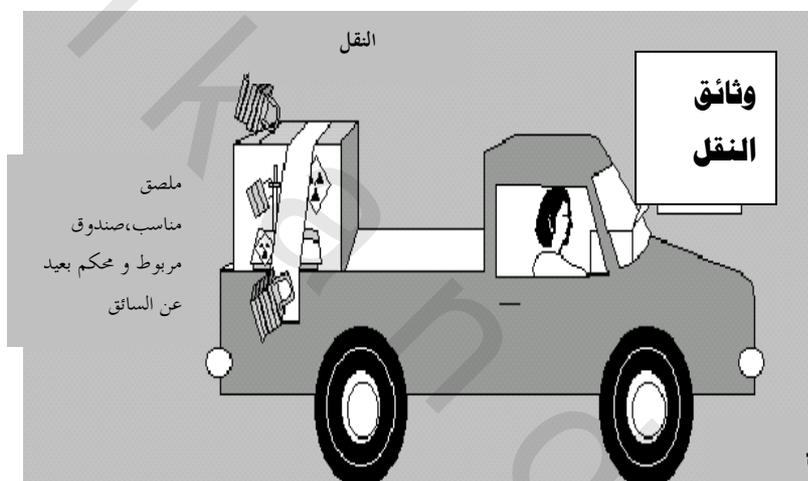
نوع المخازن	خزانة مدرعة	حجرة اسمنتية	حجرة اسمنتية تحت الارض	حجرة فوق سطح الارض	مخازن رطوبة
السعة	قليلة	كبيرة	كبيرة	كبيرة	كبيرة
الكلفة	قليلة	متوسطة	متوسطة	متوسطة	كبيرة
الامان	جيد	جيد	جيد جدا	جيد	جيد
الوقاية الاشعاعية	جيد	جيد	جيد	جيد	جيد
المسح الاشعاعي	دوري	دوري	دوري	غير دوري	دوري
سهولة الوصول	جيد	جيد جدا	جيد	ضعيف	جيد جدا

١١ - ٥ نقل المصادر المشعة من اماكن خرنها .

تخرن المصادر المشعة الصناعية المغلقة في أماكن إستخدامها او في مخازن مؤجرة خارج الموقع لغرض انحلالها ،ارجاعها الى الجهة المصدرة أوالاتفاق مع جهة اخرى لغرض طمرها و التخلص منها. لذا يتطلب الأمر اجراء عمليات النقل بين هذه الجهات حسب المعايير الدولية للنقل الامن

المواد المشعة (الفصل الثامن) ويتم اختيار نوع الطرد حسب النشاط الإشعاعي للمصدر المشع حيث ان المصادر المشعة ذات النشاط الإشعاعي الواطئ مثل اجهزة القياس الصناعية تنقل بواسطة الطرود نوع (A). اما المصادر المشعة ذات النشاط الإشعاعي العالي مثل المصادر المشعة لاجهزة التصوير الشعاعي باستخدام أشعة جاما فنقل بواسطة الطرود نوع (B) والذي يصمم بحيث يتحمل الحوادث المختلفة، يتطلب استخدام هذا النموذج موافقة السلطة الرقابية. وعند النقل تقوم السلطة الرقابية بقياس الجرعة الإشعاعية للطرد وهو على واسطة النقل للتأكد بان الجرعة الإشعاعية فب كابينة سيارة النقل لاتتعدى القيم التي وضعتها السلطة الرقابية وتكون الطرود في نهاية العربة بعيدا عن السائق وفي داخل العربة توجد جميع الوثائق الخاصة بالنقل شكل (١١ - ٩)

شكل (١١ - ١٠) نقل المصادر الصناعية المشعة



١١ - ٦ التخلص من المصادر المشعة المفلتة المستهلكة

توجد خيارات عدة للتخلص من المصادر المشعة المستهلكة تعتمد هذه الخيارات على عدة عوامل منها النشاط الإشعاعي للمصدر ونوعه إضافة إلى الحالة الفيزيائية والميكانيكية للمنبع وحاويته. من اهم الخيارات:

(١) استخدام المصدر المستهلك في تطبيقات أخرى.

نتيجة لانهال الإشعاعي للمصدر المشع بعد فترة من الزمن وعندما يصبح النشاط الإشعاعي غير كاف يمكن استخدام المصدر المشع ذي النشاط الإشعاعي المنخفض في تطبيقات أخرى ملائمة للنشاط الإشعاعي الجديد. وينطبق ذلك بوجه خاص على مصادر الكوبالت-60 والسيزيوم-137 المعروفة بنشاطها الإشعاعي العالي. هذا الخيار يكون اقتصاديا اذا تم في نفس البلد لانه يوفر على المالك الاول تكاليف اعادتها أو تسليمها من أجل التخلص، ويستفيد المالك الجديد بعدم صرف المال

لغرض شرائها وكذلك يستفاد البلد بتخفيض عدد لمصادر المطلوب التخلص منها. يفضل أن تقوم السلطة الرقابية المشرفة على حركة المواد المشعة بإنشاء قاعدة معلومات بمتطلبات المستثمرين من المصادر المشعة. لغرض وضع خطة أو برنامج خاص يساعد استخدامه جميع المؤسسات المتعاملة أو المستفيدة من منابع المشعة، ويدلها على الطريق الأمثل من أجل شراء واستثمار والتخلص من المصادر المشعة المغلقة. كذلك تقوم السلطة الرقابية بمراقبة تنفيذ الإجراءات الإدارية و حركة المصادر المشعة بين المستفيدين .

(٢) إعادة المصدر المشع إلى الشركة المصنعة:-

تعتبر عملية إعادة المصادر المشعة الى الشركة المصنعة أحد الخيارات المتاحة للتخلص الامن من المصادر المشعة المستهلكة. تقوم المؤسسة المستثمرة للمصادر المشعة أثناء شراء المنبع بإبرام عقد مع الشركة المصنعة باستلام المصدر بعد مدة من الزمن يتفق عليها وتتعلق بعمر النصف للنظير المستخدم. توفر عملية إعادة المصادر المشعة الى الشركة المصنعة مردود جيد من الناحية الاقتصادية لأنها تعفي المالك من تكاليف التخزين والتدريع والتخلص منة وهذه العملية تقلل من انتاج مواد مشعة اضافية من أجل الاستخدامات المختلفة. كل ما يقوم به المالك اعداد وتغليف المصدر المشع المزمع اعادته الى الشركة

المصنعة باستخدام نفس الحاوية التي جلب فيها أو يتعاقد مع بعض الشركات المتخصصة بنقل المواد المشعة لتوفير الاعداد والتغليف المناسبين للشحن، لكي يشحن شحنًا مأمونًا حسب قواعد النقل الامن للمصادر المشعة أما عندما لا تتوفر الحاوية يجري الاتصال بالشركة المصنعة لتوفير الحاوية. تقوم بعض الشركات التي يتطلب عملها استخدام مصادر مشعة مغلقة في بعض التطبيقات، باستئجار مصادر مشعة مدة من الزمن عن طريق عقد يبرم بين المستثمر ومالك المصدر المشع . يكون نشاط المصادر المستأجرة كبيراً وعمر النصف طويل نسبياً. على أن يتضمن هذا العقد وجود تجهيزات ووسائط خاصة بنقل وتحريك المصادر المشعة يستخدمها المستثمر لتجهيز المصادر المشعة من أجل اعادته الى المالك.

(٣) تجهيز وتحضير المصدر المشع المستهلك:

تحضير وتهيئة المصدر المشع ذات النشاط الاشعاعي العالي نسبياً الذي يمكن أن يصل إلى قيم اكبر من عشرات التيرا بيكريل (TBq) لغرض نقلة اوخزنة مؤقتاً، يتضمن وضع المصدر المشع المستهلك ضمن حاجز وقائي يصنع في الغالب من الإسمنت يصب داخل حاوية (برميل) معدنية. لا تتطلب عملية تحضير وتهيئة المصدر المشع معدات متطورة للقيام بها حيث ان جميع تجهيزاتها وموادها متوفرة وبكثرة وبأسعار رخيصة وتعطي في النهاية شكلاً آمناً ومقبولاً يؤمن الاستقرار والامان لفترة زمنية طويلة خلال مدة الحفظ المؤقت وأثناء عمليات النقل. قد تكون معدل الجرعة

السطحية على سطح الحاوية كبيراً ولغرض تخفيضها إلى مستويات تضمن سلامة العاملين المتواجدين بالقرب منها تستخدم وسائل تدريع إضافية بشكل شرائح رصاصية أو قطع من التنكستن تطوى حول المصدر المشع . ولا تقتصر عملية التحضير على المصادر ذات النشاط الإشعاعي العالي نسبياً بل جميع المصادر ذات النشاط الإشعاعي الذي يزيد عن معايير الاستثناء. أما تحضير ومعالجة المصادر المشعة المستهلكة ذات النشاط الإشعاعي العالي مثل المصادر المشعة المستخدمة للتعقيم والتشعيع الغذائي فينطلب توفر منشآت خاصة لهذا العمل وفي حالة عدم توفر هذه المنشآت فيتم تخزين هذه المصادر ضمن حاويات في ابار داخل مخازن مدرعة حفر. أما المصدر المشعة المغلقة ذات عمر النصف القصير والتي سيصل نشاطها الإشعاعي خلال مدة سنة إلى حدود الاستثناء فليس هناك أي حاجة لبذل جهود كبير من أجل التخلص منها إذ يتم تخزينها في مخازن خاصة لمدة مائة لغرض انحلالها إشعاعياً بعدها يتم التعامل معها كمصادر مستثناءة. عند وجود مصادر مشعة قديمة وليس لها نشاط إشعاعي معلوم مثل مصادر العلاج أو المصادر الصناعية المستهلكة بوضع المصدر في حاوية مدرعة وينقل إلى أماكن التخزين.

١١ - ٧ ضمان الجودة في إدارة المصادر المشعة:

برنامج ضمان الجودة يتضمن سياقات الامان المنهجية في إدارة المصادر المشعة والتي تشمل التصاميم الجيدة، التصنيع المتقن، والاختبارات والتي تؤدي في النهاية الى الحصول على منتج جيدة وبمواصفات عالية وعلى درجة كبيرة من الامان. تتطلب هذه السياقات مجموعة واسعة من المعلومات والبيانات المحددة لمواصفات الطرود والحاويات المستخدمة من أجل نقل وتخزين المصادر المشعة. هذه المعلومات يجب ان تكون مرافقة لكل حاوية او طرد يتم نقلها إلى مواقع التخزين أو الاستخدام . تجمع هذه البيانات و المعلومات خلال جميع مراحل إدارة المصادر المشعة وتحفظ في ملفات أو ضمن قاعدة معلومات تنصب على الحاسب إلى حين الانتهاء ونقل هذه المصادر إلى مواقع التسليم أو التخلص النهائي. يجب ان تكون المعلومات المجموعة والمخزنة معبرة بشكل واضح لايقبل اللبس ومحقة للمعايير المقبولة والموضوعة من قبل السلطة الرقابية و توصيات الوكالة الدولية للطاقة الذرية. يراعى برنامج ضمان الجودة القوانين الدولية المتعلقة بالنقل المواد المشعة الامن والمتطلبات الاخرى المتعلقة بالوقاية من الاشعاع. كما يخضع لموضوع ضمان الجودة استجابة العاملين والمشغلين ومدى التزامهم بالقوانين والقواعد. قامت المنظمة العالمية للمعايير (ISO) في الفترة الاخيرة بإصدار دلائل إرشادية تتضمن متطلبات هامة من وجهة نظر الأمان الإشعاعي يجب تحقيقها وهي:

١ - التنظيم والتوثيق:

تقوم الشركة المالكة للمصدر بتسمية شخص يتحمل المسؤولية الأساسية في جميع مراحل برنامج ضمان الجودة. مهام الشخص التأكد بأن جميع المهام يقوم بها العاملون المؤهلون، و جميع الأعمال المرتبطة توثق وتسجل في سجلات خاصة ومن مهام الشخص كتابة تقارير مباشرة إلى مسؤول الموقع. المعلومات في السجلات الموثقة تشمل الرقم التعريفي للحاوية أو الطرد، نوع النظير المشع و نشاطة الاشعاعي، معدل الجرعة على السطح وعلى مسافة متر وتاريخها، مستوى التلوث ان وجد،

تاريخ ومكان عملية التهيئة والاسلوب المستخدم والشخص المسؤول عن العملية، نوع التخزين إذا كان مؤقت أم تخزين للتحلل واخيرا عدد المصادر. توثق جميع هذه المعلومات وتحفظ لدى الجهات ذات العلاقة وتكون المعلومات قابلة للاسترجاع في اية لحظة حتى بعد مرور عدة سنوات على ان يتم ذلك ببسر وبسرعة ولو كان ذلك بعد التخلص النهائي. جميع الوثائق الخاصة بالطرد ترافقة أثناء نقله إلى مواقع التخزين او التخلص النهائي من أجل التوثيق الفعال والعملية وبهدف التعلم على كيفية انجاز أي عمل على اكمل وجه وتحقيقا لافضل المواصفات يجب ان تتم كتابة تقارير مفصلة حاوية على كيفية انجاز العمل تربط مع الوثائق والاستمارات. يجب ان تتضمن التقارير إضافة إلى وصف العمل ومستلزماته المشاكل التي حدثت أثناء الانجاز والتطويرات والتعديلات المدخلة.

ب - القياسات و تقييم الاجهزة والمعدات :

من التجهيزات الضرورية لتنفيذ برنامج ضمان الجودة لأجهزة والادوات المستعملة لاجراء القياسات والاختبارات الضرورية وإجراء المعايير اللازمة وفحوص متعددة للتحقق من الامان الاشعاعي وسلامة تأديتها لوظائفها المطلوبة للتأكد من سلامة وامان استخدام المواد المشعة. تسجل جميع النتائج في سجلات خاصة بذلك. كل هذه الاعمال يجب أن تخضع للرقابة والتفتيش من قبل أشخاص مؤهلين ذوي خبرة وتسجل وتوثق نتائج العمل في السجلات الخاصة بالجهاز.

ج - سجلات الصيانة :

يخصص لكل جهاز او معدة تحوي على مصدر مشع سجلات خاصة تدون المعلومات التالية : تتضمن الحالة العامة للجهاز من الناحية الاشعاعية والفنية بالإضافة اسم الشخص القائم بالعمل، تاريخ تنفيذ العمل، توصيف العمل المنجز، ونتائج الاختبارات المنفذة بعد صيانة الجهاز.

١١ - ٨ مواقع عمل التصوير الشعاعي الصناعي:

عند فحص لحام الانابيب او المعدات الصناعية الأخرى لابد من تصوير قطع اللحام اشعاعيا

(التصوير الراديوجرافي) في هذه الحالة يتعرض المصور الاشعاعي الى جرعة عالية اذا لم تتخذ الاجراءت القائية والتي من اهمها وجود موقع عمل امن للفحص الهندسي الاشعاعي غير الاتلافي ومن مواقع العمل الشائعة الاستخدام:

١ - المواقع المغلقة جزئياً :

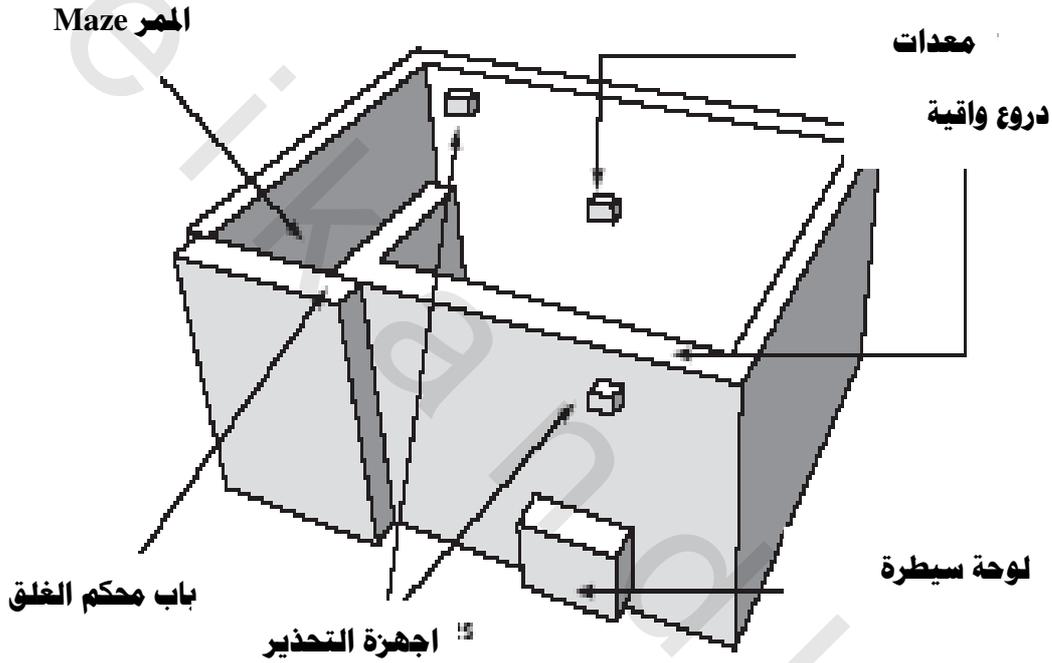
وهي المواقع التي تبني من اربع جهات ويكون السقف مفتوحاً بحيث يضمن أن الأشعة الأولية تبقى داخل الحيز. لا يقل ارتفاع الجهاز عن ٢.١ متر ومعدل الجرعة عند نقاط السيطرة لا تتعدى (2mSv/h). توفر هذه المواقع للعاملين الآخرين على مقربة من عمل التصوير الإشعاعي الاستمرار بالعمل بدون أي عائق ر. الفائدة من هذا البناء جعل الجرعة اقل مايمكن الوصول اليه عمليا (قاعدة ALARA) بحيث أن التعرض الإشعاعي للعاملين لا يتعدى ٥ mSv/y. يوفر السياج الواقي الحماية المناسبة من الإشعاعات للأشخاص القريبين من بناء السياج ويعتمد سمك وأبعاد السياج على نوع أجهزة التصوير (أشعة سينية ، أو مصادر جاما) هذا السياج يمثل منطقة السيطرة ولا توجد منطقة سيطرة خارجية أما منطقة المراقبة فأنها تكون خارج السياج ولا تحتاج هذه المنطقة لأي إجراءات للوقاية من الإشعاع. عند تحديد منطقة المراقبة حول البناء فإن هيئة العمل تأخذ بنظر الاعتبار طبيعة ونوع مخاطر الإشعاع وتقوم بما يلي:

- ١ - تخطيط منطقة المراقبة بالطرق المناسبة.
 - ٢ - وضع العلامات المناسبة عند مداخل منطقة المراقبة وبناء الممر (maze) أمام المداخل.
 - ٣ - إعادة تقييم دوري لهذه المنطقة لغرض معرفة الحاجة الى وسائل وقاية اشعاعية اولتغير حدود منطقة المراقبة
- جميع المستلزمات الخاصة بتصميم البناء تخضع إلى أسس هندسية وهي اختيار الموقع ، المكان ، التصميم ، البناء ، العمل ، الصيانة وإزالة التلوث ويجب أن تتضمن
- ١- التصميم يمنع أو يقلل من حصول الحوادث.
 - ٢- التأكد من أن الوقاية من الإشعاع في الحالة المثلى.
 - ٣-الأخذ بنظر الاعتبار متطلبات السلطات الرقابية .
- ويتضمن التصميم المعدات التالية:

- ١-التدريب.
 - ٢- إغلاق ابواب دخول الأفراد.
 - ٣-كواشف إشعاع ثابتة.
 - ٤- إشارات تحذيرية. كما في الشكل (١١-١١).
- من المهم وضع خطة لتصميم السياج الواقي للعمل الآتي أو المستقبلي ووضع المخططات الهندسية للموقع والبناء والذي يتضمن الأبعاد لكل مساحة من السياج ، سمك البناء كثافة ونوع

المادة المستخدمة في البناء لجميع الجهات. مناطق الدخول تؤثر بشكل دقيق لأن جميع هذه العوامل تؤثر بشكل أو بآخر على تقليل كلفة الإنشاء.

الشكل (11-11) الموقع المغلقة جزئياً



التعرض المباشر للإشعاع أو الإشعاع المتشتت عن السياج الواقي يجب ان تحدد باستخدام الدرع المناسب. أن السياج يحتوي على مناطق لدخول وخروج الأفراد ، الآليات الثقيلة والرافعات لوضع أو إخراج المواد الثقيلة مثل الأنابيب المراد فحص لحاملها. الإشعاع النافذ أو المتشتت حول المناطق الضعيفة من السياج الواقي قد تؤدي إلى مشاكل ويقلل الوقاية الإشعاعية وتحصل هذه المناطق نتيجة لتلف الدرع أو تحرك البناء أو الدرع. وعند بناء السياج الواقي يفضل عدم تغيير لاحق في السياج والذي يؤثر على الأمان والوقاية من الإشعاع إلا إذا كان هذا التغيير بموافقة السلطات الرقابية ومن اشخاص مؤهلين. ويتضمن السياج الواقي

- 1- تعليمات مناسبة عند نقاط الدخول أو المواقع المناسبة داخل وخارج منطقة السيطرة.
- 2- الدخول إلى داخل السياج الواقي يحدد بسياقات عمل واضحة مثل استخدام منظومات السماح بالدخول. أبواب الدخول مزودة بقلل حالة مصادر جاما وقلل داخلي (inter locked) في حالة الأشعة السينية.

٣- الوقاية الإشعاعية والأمان يتضمن سياقات العمل الداخلية المناسبة لمنطقة السيطرة .
توجد أنواع عديدة من النظائر المشعة وبنشاط إشعاعي مختلف وكذلك منظومات أجهزة الأشعة المستخدمة داخل السياج الواقي داخل أوعية تعرض من نوع P ، M و F تحتوي على مصدر أو أكثر للتصوير الشعاعي هذه المصادر تكون مؤمنة لمنع إستخدام غير مرخص ، أو السرقة أو تلف المصادر. وإذا كانت مصادر التصوير الإشعاعية تخزن داخل السياج الواقي المدرع. فمن الضروري تصميم هذا البناء الواقي المدرع كمنطقة سيطرة واقية حتى في حالة عدم التصوير الشعاعي.

يجب أن يكون عند مداخل البناء موظفي امن للسيطرة على دخول الأشخاص غير المخولين بالدخول إلى غرف الفحص عندما تكون الأجهزة في موضع التعرض أو في حالة اشتغال .
أن السيطرة على الدخول تكون باستخدام قفل داخلي يرتبط ميكانيكياً أو كهربائياً مع منظومة السيطرة على التعرض بحيث أن هذه الأبواب تقفل ذاتياً عند العبث. القفل الداخلي قد يستخدم لمنع الأفراد من الدخول أو قطع التيار الكهربائي عن أجهزة الأشعة السينية أو حماية المصدر المشع أوتوماتيكياً ووضعه داخل الدرع . في حالة السياج الواقي لمصدر أشعة جاما يجب وضع منظومة من كواشف الإشعاع هذه الكواشف متصلة بقفل الأبواب لمنع أي دخول إلى الموقع عندما يقرأ كاشف الاشعاع جرعة إشعاعية اكبر من الجرعة المحدد لها مسبقاً وكذلك فإن هذه الكواشف تحفز أجهزة تحذير صوتية وضوئية.

مفاتيح الإيقاف لحالات الطوارئ توضع بحيث تمكن أي فرد داخل البناء الواقي لإيقاف التعرض الإشعاعي ويكون موقعها في نقاط لا تؤدي الى مرور الأفراد خلال الحزمة الأولية للإشعاع ووضع معلومات مكتوبة عن طريقة الاستخدام . إن منظومة السيطرة على الطوارئ تصمم للسماح للأفراد بمغادرة البناء الواقي أو دخولهم عند الاستدعاء للمساعدة وكذلك تمكن المصور الشعاعي لإيقاف التعرض فوراً في حالة الطوارئ.

العلامات التحذيرية والإشارات المرئية تلتصق على جميع أبواب البناء الواقي وتصنع من مواد تقاوم الظروف الجوية السائدة واستبدالها كلما كان ذلك ضرورياً.

أما أجهزة التحذير المرئية والمسموعة فيجب وضعها في المكان المناسب والتحذير السمعي يجب أن يكون عالياً ومميزاً بحيث يمكن يسترعي إنتباه الأفراد داخل السياج.

وأن ألوان التحذير يجب أن توضع بشكل مكتوب وتوضع في لوحة الإعلان والألوان المستخدمة هي :

الحالة	اللون
حالة طارئة (مفتاح الإيقاف أو الضوء)	أحمر
عدم الدخول لوجود إشعاع	أحمر وعلامة تحذيرية من الإشعاع

اصفر وعلامة تحذيرية من الإشعاع

أخضر
الأزرق

تحذير (إلتهيبي stand-by)

لا يوجد إشعاع الدخول امن
المعلومات

٢- المواقع المفتوحة :

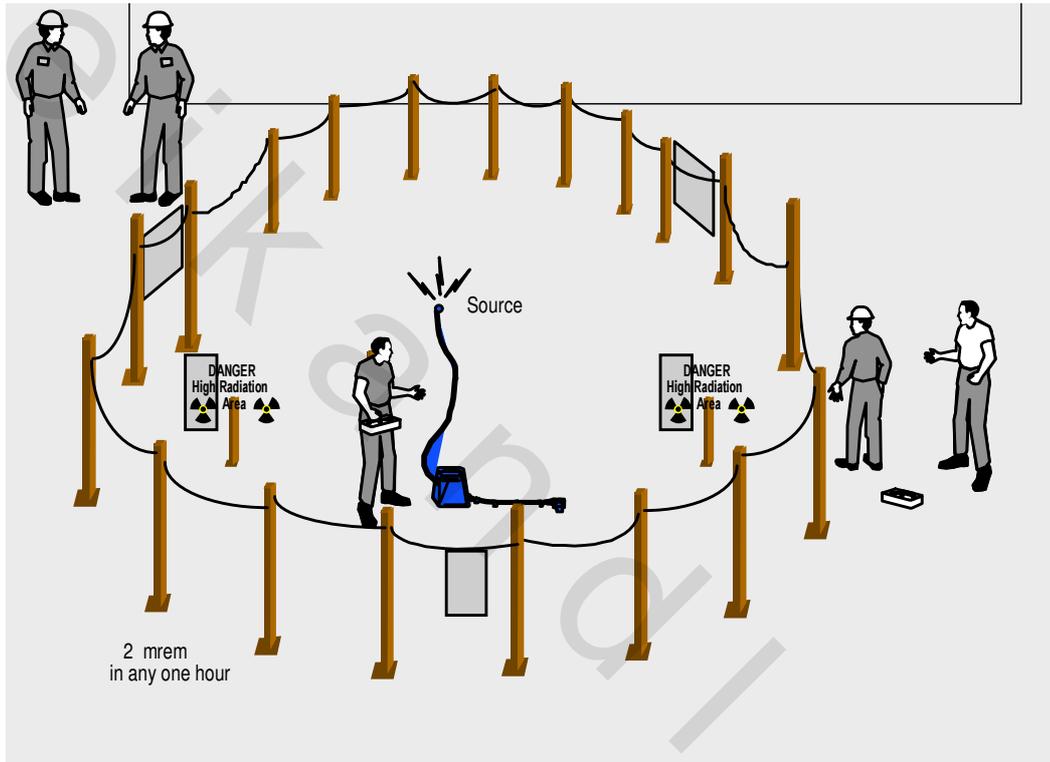
لمتطلبات إقتصادية أو عملية فإن التصوير الشعاعي يكون في فضاء مفتوح فعندما يتطلب فحص المواد في مواقع العمل البعيدة وبشكل مؤقت فلا يستدعي بناء السياج الواقي وإنما يوضع سياج من الحبال وتعتبر المنطقة منطقة سيطرة وحدود هذه المنطقة أما أن تحسب نظرياً أو عملياً بواسطة أجهزة إشعاعية بحيث أن معدل الجرعة عند حدود السياج يتراوح بين $7.5 - 20 \mu\text{Sv/h}$ عند استخدام المسدّات، هذه المسدّات تقلل من الجرعة الإشعاعية للمصورين الشعاعين ومن مساحة منطقة العمل. تصمم المسدّات لتوجيه الحزمة الإشعاعية الأولية بالاتجاه المفيد للتصوير. تصنع المسدّات من اليورانيوم المنضب، الرصاص، أو التنجستن. و عند عدم استخدام المسدّات فإن معدل الجرعة عند حدود السياج يكون بحدود $50 \mu\text{Sv/h}$. لغرض تقليل الجرعة التي يتعرض لها العاملين تستخدم الاجراءت الهندسية الممكنة وتطور سياقات العمل وان يكون المصور الشعاعي مدرب جيداً.

تحتاج عملية التصوير الراديوجرافي أن تكون في موقع تتخذ فيه كافة الإجراءات لغرض حماية العاملين والجمهور من الإشعاع ويجب أن تحدد هذه المنطقة بجدار اسمنتي ، أو حاجز مؤقت (سد ترابي) أو تسيج المنطقة بشريط وتوضع الإشارات التحذيرية من الإشعاع وإشارات ضوئية وصوتية تعمل عند الفحص لغرض عدم دخول الأشخاص غير المرخصين إلى داخل منطقة السيطرة. شكل (١١ - ١٢).

هذا الموقع يصمم كمنطقة سيطرة (Control area) حدود هذه المنطقة يمكن تحديدها باستخدام عداد اشعاعي. يجب ان تكون المنطقة مرئية وواضحة ومراقبة بشكل مستمر من قبل أحد العاملين ، إذا كانت حدود المنطقة واسعة ولا يمكن رؤيتها من موقع واحد فتتم مراقبتها بأكثر من شخص. عندما يكون العمل في النهار فيجب أن تقلل من تواجد العمال قرب منطقة السيطرة ويكون التواجد (Occupancy) أقل ما يمكن ويكون الفحص في زمن تناول الغذاء أو في العطل الرسمية. منطقة السيطرة قد تحدد بواسطة شريط . أن مساحة منطقة السيطرة تعتمد على نوع وشدة المصدر المشع المستخدم وعلى طبيعة التواجد وزمن التعرض خلال الأسبوع. أن حدود الشريط الموضوع موضحة في الجدول (١) لمصدر شعاعي ^{192}Ir . ويتم التأكد من صحة حدود المنطقة باستخدام عداد إشعاعي معير.

عندما ينجز عمل التصوير الإشعاعي ليلا فإن موقع العمل يجب أن يكون مضاء بشكل جيد خلال العمل. أما خلال النهار فيجب وجود ضوء تحذير احمر عند مناطق الدخول. خلال التصوير البنارومي فإن الإشعاع الاولي يجب أن يتجه إلى المنطقة التي يكون فيها تواجد العاملين اقل ما يمكن.

شكل (١١ - ١٢) موقع الفحص المفتوح



خلال التصوير في مساحة مفتوحة فإن الطريقة الاقتصادية للوصول إلى وقاية إشعاعية مناسبة للعاملين هو استخدام مسافة كبيرة وذلك من خلال تسييح منطقة السيطرة ويمكن استخدام المعادلة التالية لحساب المسافة D مقاسة بالمتر:

$$D^2 = A G W T \backslash P$$

في اتجاه الحزمة الأصلية حيث أن:

A : النشاط الإشعاعي للمصدر مقاس بالكيوري أو الكيكابكرل

G : ثابت أشعة كاما النوعية للمصدر (تساوي ٥ ملي سيفرت/ساعة) (٥٠٠ ملي ريم / ساعة) لعنصر ^{192}Ir و ٣ ملي سيفرت / ساعة (٣٠٠ ملي ريم / ساعة) للكوبلت-٦٠.

الجدول (١) المعلومات التي يجب توفرها لحساب حدود المنطقة المفتوحة للتصوير الصناعي

حمل العمل (ساعة/أسبوع)					التواجد	النشاط الإشعاعي GBq
٣٠	٢٠	١٥	١٠	٥		
مسافة المنطقة المحددة بالشريط (متر)						
٢٧٤	٢٢٤	١٩٤	١٥٨	١١٢	تام	٣٧٠
١٣٧	١١٢	٩٧	٧٩	٥٦	جزئي	(١٠ كيوري)
٦٩	٥٦	٤٨	٤٠	٢٨	أحيانا	
٣٨٧	٣١٦	٢٧٤	٢٢٤	١٥٨	تام	٧٤٠
١٩٤	١٥٨	١٣٧	١١٢	٧٩	جزئي	(٢٠ كيوري)
٩٧	٧٩	٦٨	٥٦	٤٠	أحيانا	
٦١٣	٥٠٠	٤٣٣	٣٥٤	٢٥٠	تام	١٨٥٠
٣٠٦	٢٥٠	٢١٧	١٧٧	١٢٥	جزئي	(٥٠ كيوري)
١٥٣	١٢٥	١٠٨	٨٨	٦٣	أحيانا	

W: حجم العمل (ساعة/اسبوع) وهو عدد الساعات التي يكون فيها المصدر مفتوحا (ON) لكل أسبوع.

T- الإقامة او التواجد حيث انها تساوي (١) في حالة وجود المكاتب، أو غرفة السيطرة و (١ ١) للتواجد الجزئي (الممرات، السلالم) . اما الإقامة (التواجد) القليل جدا (الفضاء) فانها تساوي ١ ٦ ١ ١
B: التوهين الناتج عن المسدد (عندما يكون سمك الدرع نصف السمك HVT + عشر السمك TVT والذي يساوي المقدار ٢٠

P: حدود الجرعة للجمهور لكل أسبوع والتي مقدارها ٢٠ مايكرو سيفرت/اسبوع (٢ ملي ريم/أسبوع).
 وعندما يكون اتجاه الإشعاع باتجاه غير الاتجاه الأولي فتستخدم المعادلة التالية:

$$D^2 = A G W T \backslash P B$$

مثال:

مصدر ^{192}Ir نشاطه الإشعاعي ٢٠ كوري يستخدم في فضاء مفتوح لمدة ٥ ساعة/الأسبوع عند موقع يكون فيه الاشتغال (التواجد) قليلا وان ($B=٤٠$). اوجد مسافة السياج باتجاه الإشعاع الأصلي وباتجاه معاكس للإشعاع الأصلي:

الحل :

من المعلومات

$$A=20 \text{ m}, G=500 \text{ mrm/h}, W=5 \text{ h/week}, T=1/16, P=2 \text{ mrm/week}, B=20$$

$$D^2=A G W T/P$$

بتطبيق القانون باتجاه الاشعاع

$$٥ \times ٥٠٠ \times ٢٠ / 16 \times 2 = 1562.5$$

$$D^2=$$

$$D=39.5 \text{ meter}$$

أي ان عرض السياج باتجاه حزمة الاشعاع الاصلي يساوي ٣٩.٥ متر

لإيجاد المسافة باتجاه معاكس لاتجاه حزمة الاشعاع الاصلي نطبق

$$D^2=A G W T/P B$$

$$D^2= ٢٠ \times 500 \times 5 / 16 \times 2 \times 40$$

$$D^2= ٣٩$$

$$D=6.25 \text{ meter}$$

مثال ٢ :

اعد السؤال السابق إذا كان المصدر الكوبلت - ٦٠ ونشاطه الإشعاعي ١٠ كوري وحجم العمل ١٠ ساعة/أسبوع والإقامة جزئية

$$D^2=A G W T / P$$

$$D^2 = 10 \times 1300 \times 10 \times 1/4 \times 2$$

$$D = 127.5 \text{ meter}$$

أي ان عرض السياج باتجاه حزمة الاشعاع الاصلي = 127.5 متر

ولإيجاد عرض السياج باتجاه غير اتجاه حزمة الاشعاع الاصلي

$$D^2 = A G W T / P B$$

$$D^2 = 10 \times 1300 \times 10 \times 1/4 \times 2 \times 40$$

$$= 20.15 \text{ meter}$$

المواقع الصغيرة (كوخ - بيت الكلاب) Dog House

عند الفحص الراديوجرافي في المنصات البحرية او البارجات لمنشآت النفط والغاز يتطلب فحص اللحام في الانابيب ولمحدودية المساحة للفحص الراديوجرافي يستخدم تركيب بشكل كوخ من الرصاص يسمى (كوخ - بيت الكلاب) House doge شكل (11 - 13) يتم التصوير داخله حيث توضع كامرة التصوير او جهاز الاشعة السينية داخله. وقد ينقل الكوخ بواسطة رافعة من خلال مخطاف في الاعلى او ان الكوخ يبقى ثابت وتنقل الانابيب الى داخله لغرض الفحص. وتستخدم مثل هذا الموقع في البارجات او المنصات لبحرية للنفط او الغاز.

شكل (١١-١٣) المواقع الصغيرة كوخ الكلاب



المصادر:

- ١ - قدامة الملاح و عذاب الكناني ١٩٩٣ التاثيرات البيئية لمنشآت الطاقة النووية ،وزارة التعليم العالي والبحث العلمي- جامعة بغداد - كلية الهندسة
- ٢- عذاب الكناني،و اسعد الخفاجي. 1990 الكشف عن الإشعاعات المؤينة. هيئة المعاهد الفنية . وزارة التعليم العالي - بغداد
- ٣-Eastman Kodak Company 4th Edition 1980 Radiography in Modern Industry
- 4 - IAEA 2000 Safety Reports series no.16
- 5 - IAEA 2004 Technical Reports series no.423 Radiotracer Applications in Industry
- ٦ - IAEA 2005 TS-R-1 لائحة النقل المأمون للمواد المشعة
- IAEA 2001-TECDOC-1191 Categrization of Radiation Sources
- ٧
- ٨-IAEA 2003-TECDOC-1344 Categrization of Radioactive Sources
- ٩- NRC Inspection Manual 2000



drathabalkinani@yahoo.com

السيرة الذاتية للمؤلف

ولد المؤلف على ضفاف الفرات وتحت افياء نخيلة الواقف بكبرياء كشعبه في مدينة الناصرية مدينة الادباء والفنانين والسياسين وتخرج منها ثم التحق بكلية العلوم -جامعة بغداد حيث تخرج عام ١٩٦٨. التحق بالتدريس في المملكة العربية السعودية في مدينة مكة المكرمة ثم منطقة حائل. عاد الى العراق للعمل بالتدريس حتى عام ١٩٧٣ غادر بعدها الى الجزائر للتدريس في منطقة قسنطينة.

ثم التحق ببعثة الى المملكة المتحدة فدرس في جامعة داندي فحصل على شهادة الماجستير في الفيزياء الطبية عام ١٩٨٠ والدكتوراة عام ١٩٨٣ في موضوع الفيزياء الطبية الاشعاعية من نفس الجامعة. عاد الى العراق وعمل في الطاقة الذرية باحثا علميا في مركز الفيزياء الصحية، ثم مديرا للوقاية من الاشعاع حتى ٢٠٠٣. عمل في وزارة العلوم والتكنولوجيا مديرا لمركز الفيزياء الصحية حتى عام ٢٠٠٦. انتقل للعمل في كلية الطب الجامعة المستنصرية عام ٢٠٠٦ وفي نفس العام غادر العراق الى دولة قطر للعمل في المجلس الاعلى للبيئة والمحميات الطبيعية مشرفا على التفتيش ثم خبيرا في الاشعاع. خلال الرحلة الطويلة من العمل العلمي اشرف على العشرات من طلبة الدراسات العليا الدكتوراة والماجستير في فيزياء الاشعاع. انجز اكثر من ٥٠ بحثا منشورا في الدوريات العالمية والعراقية. قام بالتدريس في جامعات العراق بصفة تفرغ جزئي طيلة اكثر من ربع قرن. حصل على درجة الاستاذية (رئيس باحثين) عام ٢٠٠٠.