الفصل الحادي عشر

مخازن المصادر المشعة
ومواقع عمل التصوير الشعاعي

١١ –١ المقدمة:-

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 الجمهوروالبيئة 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 هذة الطرائق من الأخذ بعين الاعتبار الناحية الاقتصادية.

تتطلب مناطق التخزين وجود موقع آمن تحيط بة حواجزمادية(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 المصادرذات النشاط الاشعاعي العالي أو عمر النصف الطويل، تكون اجراءات الأمان أكثر صرامة من مخازن المصادرذات 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 **(unrestrictted)** لا تتعدي (٢٠) **μSv/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 عوالق مشعة كما في حالة خزن $^{125}1$, $^{131}1$, ^{226}Ra .

يوضح الجول (١١–١) سمك النصف التقريبي لجدران المخزن لمواد ومصادرمختلفة. يتضح من الجدول أنه عند خزن مصدرين أحدهما جامي والآخر نيوتروني نستخدم مادتين أحدهما الرصاص والاخرى من البولي آثيلين 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 او المتشتت من المصدر .بعد وضع الحواجز الوقائية يجب قياس النشاط الإشعاعي حول المخزن باستخدام الأشعة المحمولة .

الجدول (١١-١) سمك النصف لجدران المخزن لمواد ومصادرمختلفة

المادة	السيزيوم – 137 مصدر كاما	Am-241-Be مصدر نيوتروني
الكونكريت	5 سم	10-75سم
الرصاص	0.625 سم	–
البولي أثلين	9.5 سم	6 سم

١١ – ٢ إدارة المصادر الصناعية المشعة :

يوجد عدد من السياسات التي تستخدمها بعض الدول للتعامل مع المصـــادر المشـــعة الصـــناعية المستهلكة وهي :–

ا - تحديد عدد المصادر :

يتطلب هذا الخيار النظر في جميع العوامل التي تستخدم هذه المصادر ، وتقيم كل حالة من الحالات بمفردها للحصول على الفائدة المتوخاة من استخدام المصادر ذات النشاط الإشعاعي العالي ومقارتها بالأضرار الناتجة عن المصادر المستهلكة . للوصول لهذة 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 إسخدام 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 .
- توفيرمتطلبات الأمن 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 إلي المصنع. جميع المستلمين للمصادر عليهم التزامات مالية لا إعادة تدوير أو استخدام المصادر المشعة الصناعية وأن وضع هذه الالتزامات المالية يجب أن ياخذ في الحسبان في بداية استخدام الصدر لغرض الإيفاء بالالتزامات المالية عند استهلاك المصدر لذلك يقوم مصنعي المصادر لتقديم أفضل خدمات إعادة التدوير أو الاستخدام ويبني 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 الاستراتجيات على المستوى الوطني أو العالمي وهي مهمة جدا لتحقيق هذا الخيار . ومن الامور المهمة الاخرى التعامل مع المصادر المشعة غير المتوقعة وهي المصادر المفقودة أوالمصادر اليتيمة **(orphan)** والتي يتم اكتشافها بشكل غير متوقع ولا تكون لهذة 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 هذة المصادرهو:

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

ج – الخزن قبل التخلص من المصادر المشعة :

١١ – ٣ انواع الخزن

١- الخزن لغرض الانحلال Decay storage :

بالرغم من أن مثل هذه المخازن تكلف مبلغا من المال ولكنه أقل بكثير من كلف التدوير . توجد فوائدة كثيرة من خزن المصادر لغرض انحلالها إشعاعيا قبل اتخاذ أي أجراء 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 Ir – 192 .

الخزن في موقع الاستخدام بوفر فرصة جيدة للخزن الأمن لفترة طويلة نسبيا وتقليل المخاطرالإشعاعية .مثل هذا الخيار مهم للمصادرالمشعة المغلقة ذات عمرالنصف القصير في موقع المالك عن طريق تخزينها في موقع ذي مواصفات ملائمة مع اجراء مراقبة اشعاعية مستمرة حتى يصل النشاط الاشعاعي للمصدر الى مستويات واطئة جدا (٧٠ كيلوبيكرل/كغ وتعادلً 2nCi/g تقريباً) بعدها تصرف كنفايات عادية.الفترة الزمنية للانحلال عادة ماتعادل عشرة أمثال نصف العمر للنظير المشع والتي تكون كافية ليصبح النشاط الاشعاعي للمصدر ضمن مستويات قابلة للتخلص منها على أنها نفايات اعتيادية اذا كان النشاط الاشعاعي المتبقي المصرف إلى البيئة ضمن الحدود والمعايير الموضوعة 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 الاشخاص المخولين لكي تقي عاملي المنشـــاة من التعرض للأشعة.من اهم مواصفات مخازن المصادر المشعة ان تكون معزولة بعيدة عن مكان وجود العاملين، الأرضية مكسوة بقطعة كاملة من النايلون لغرض تسهل إزالة التلوث الإشـــعاعي عنها،تكون مرتفعة عن سطح الارض لكي لا تدخلها المياه أثناء الأمطار الغزيرة والفيضان،واخيرا يسيج المحزن بسور مشبك من الحديد السميك عرضة لايقل عن ٢ متر وباب يغلق ويقفـــل، مـــع وضع إشارات تحذير من الإشعاع.

٢ – الخزن لفترة (Interim storage) :

تستخدم هذة المخازن لغرض خزن المصادر المشعة ذات أعمار النصف أكثر من خمس ســـنوات لغرض تهيئتها للطمرفي موقع طمر سطحي وهو الأكثر أمنا وأقل كلفة لغرض التعامل مع المصادر المستهتكة 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. اما موقع الطمر العميق فيكون مطلوبا على المستوي 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 كثيرا مقارنة بالفائدة منه . والحل العملي لمثل هذه الحالة هو التعاون الدولي لإنشاء مواقع طمر عميقة على المستوي الإقليمي ووضع نظام وطني فعال لأمن وامان عمل هذه المنشآت. وقبل الطمر يجب توفر مواقع لمعاملـــة المصادرالمشعة، توجد خيارات كثيرة لغرض خزن المصادر المشعة المستهلكة لفتـــرة. منشـــات الخزن لفترة قد تحتاج إلي أكثر من خيار لغرض تقديم الخزن لفترة إلي مدى أوسع من المصـــادر المشعة المستهلكة التي من المتوقع مجابهتها . 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 أســـاس 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 . عـــدد مـــن الحوادث الاشعاعية المهمة قد حصلت نتيجة لخزن المصادر في حاويات نقل غير مناسبة .

منشات 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 الظـــروف المســـتقبلية المتوقعة ومتطلبات التخلص من المصدر المشع وقد تتضمن حدود ومعدل الجرع حول الحاوية ، يتم العزل للمصادرالمشعة 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 وحـــدة معالجة المصادر . في هذه الحالات فأن المصادر تحفظ في حاويات صغيرة الحجم . والمثال هذا النوع من مخازن النفايات المشعة هو وجود عدد من الآبار في المخزن في هذه المنشات .

ويوضح المخطط (شكل ١١-١) المراحل المختلفة لمنظومة إدارة طمر المصادر المغلقة المستهلكة وهذة المراحل :

المرحلة الأولي :

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 هـــذه 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 المصـــدر ، تأخذ بعض الخطوات المهمة في الخزن المؤقت بالتزامن مع خطوات أخرى في أدارة المصـــادر المستهلكة .من أهمها :

١ -الأجهزة المتنقلة المستخدمة في التصوير الإشعاعي تنقل باجمعها إلي موقع الخزن المؤقت .

الأجهزة المتنقلة الكبيرة مثل أجهزة العلاج الإشعاعية عن قـــرب (**branchy therapy**) فـــإن أخراج المصدر مع حاويته من هذه الأجهزة يجب أن يتم في موقع العمل ثم ينقل المصدر وحاويته إلي موقع الخزن المؤقت .

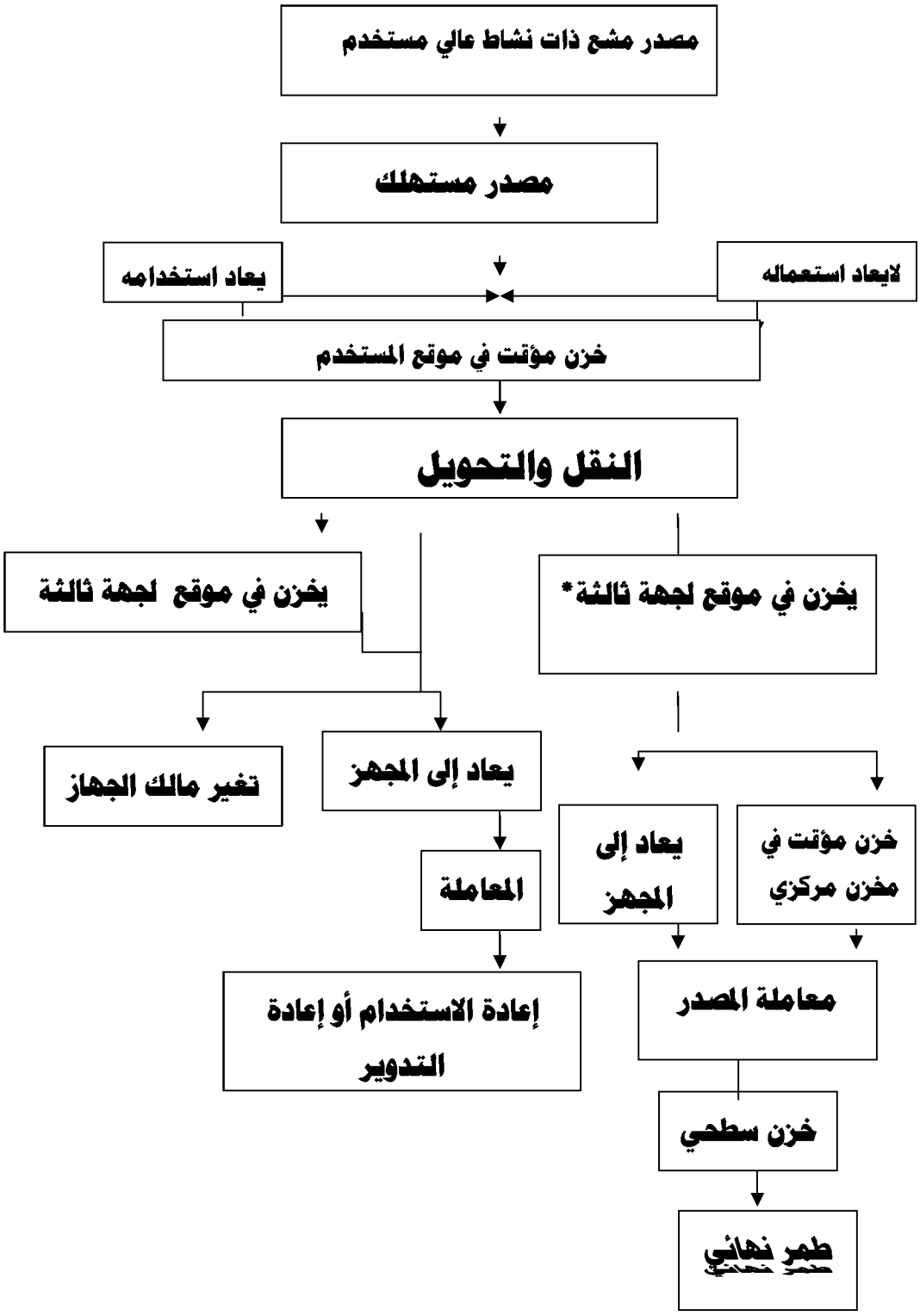
٢ – الأجهزة المثبتة بشكل دائمي مثل أجهزة التشعيع أو أجهزة العلاج الإشعاعي عن بعد يفضل أن يبقي في موضعها ويعتبر ذلك كخزن مؤقت . أما إذا كان المطلوب تحويل ونقل هذه الأجهزة فيجب أن يتم فصل المصدر المشع مع حاويته من قيل خبير متخصص في هذا المجال .

المرحلة الثالثة:

فهي التهيئة لنقل المصادر المشعة إلي المخزن السطحي والذي يبدأ باختبار مسار النقل والتحضير للنقل إلي الموقع المختار . النقل قد يكون بريا ، 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 إلي مخزن سطحي أو موقع لطمر النفايات . الخزن المؤقت لا يتلاءم مع آمن المصـــادر ومتطلبات السيطرة على المصادر . وقد أوضحت الخبرة المتراكمة بأن الحوادث تحصل عنـــدما يكون المصدر في الخزن المؤقت . لذلك يجب تقديم كل الإمكانيات لغرض نقل المصادر المستهلكة المشعة إلي 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 للســيطرة على المصدر ومتطلبات الطمر المستقبلية . أن سياسة العزل تتضمن العزل على أســاس نصــف العمر و مستوي النشاط الإشعاعي . وفي النهاية فإن المصدر سوف يتم إخراجــه مــن المخــزن السطحي لغرض النقل إلي 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 .هذة المخازن تتوفر فيها أمن وسلامة المصدر والعمل المستقبلي للمواقع والسيطرة الإدارية على المصادر المخزونة وجميع هذة المتطلبات ضمن مستلزمات الإجازة الصادرة عن السلطة الرقابية والتي تقوم دوريا بعملية التفتيش الدوري للتاكد بأن المواقع تعمل حسب متطلبات الإجازة . أحد الخيارات الممكنة للخزن المؤقت هوالخزن الرطب (wet storage) ويطبق في مواقع التصنيع للمصادر ذات النشاط الإشعاعي العالي أو اجهزة التشيع الكبيرة .

التحضير للخزن المؤقت يمكن أن يأخذ أحد المرحلتين الاثنتين :

أ– اخراج المصدر من موقع عمله وتحويلة 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 فأن 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 فأن معرفة السبب ضرورية جدا ويجب احتواء التلوث الإشعاعي طيلة فترة الخزن المؤقت .

الأجهزة التي تحتوي على مصادر مغلقة ينصح بتغليفها في فترة الخزن لغـرض حمايتهـا مـن الأضرار البيئية مثل التآكل والأوساخ والحشرات والمواد الأخرى غير المرغوب بها للدخول إلي الأجزاء الحساسة لحامل المصدر الإشعاعي .كذلك توضح على الجهاز علامات تحـدد الخـواص 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 لغـرض السـيطرة 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 جيـدا ومرخصـين اشعاعيا .
- تأخذ جميع المتطلبات لتقليل فترة الخزن المؤقت .
- لا يحصل أي تغير في الواجبات عند تغير الأشخاص أو مالك الموقع .

جميع الوثائق الرسمية العائدة للمصدر والجهاز يجب أن تنقل مع الجهـاز إلـي المخزن ألامن 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 Ir^{192} والذي يمتاز بأن نصف العمر له قصير (74 يوم) لذلك بفضل خزنة مؤقتا لكي ينحـل إشـعاعيا . أن فتـرة الانحـلال الإشعاعي في الخزن تعتمد على مجموعة من العوامل منها النشاط الإشعاعي للمصدر ،مسـتوي النشاط الإشعاعي المقبول بغرض التخلص من المصدر، و تاريخ التشعيع لمادة المصدر . وعنـد خزن هذا المصدر مؤقتا فإن ميكانيكية الأمان التي تمنع سقوط المصدر من حاويته يجب أن تختبر

دائما وأن المغلاق يكون في وضع الغلق . والمسح الإشعاعي الدوري لضمان عدم وجود تلـوث إشعاعي أو مستوي إشعاعي غير اعتيادي . يخزن الجهاز قريبا من أجهزة التصوير الإشـعاعي المشابهة والمستخدمة 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 انواع المخازن

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

(١) الخزائن المدرعة:-

يكون هذا الخيار ملائما لخزن الحاويات الصغيرة التي توضع على أرض الخزان ، والمصـادر النقطية التي توضع على الرفوف الداخلية للخزانة. تكون هذة المخازن مشابهة تقريبـا لخزانـات البنوك و تبطن من الداخل بصفائح من الرصاص، وتجهز بقفل خاص لايمكن فتحه إلا باسـتخدام أرقام سرية معينة شكل ١١ – ١. هذه الخزائن توضع على الأرض مباشرة.تمتاز بصـلادتها ،توفرها ،رخص ثمنها مقارنة بالانواع الاخرى من المخازن .يتم اختبار هذة الخزائن لمقاومتهـا للحريق والسقوط والانفجارومقاومة
الا اختراق. يوضع على باب الخزانة ملصق يدون فيه معلومات كاملة عن المحتويـات وتـاريخ إدخالها والنشاط الاشعاعي للمنابع المحفوظة مع لصق إشارة تحذير من الإشعاع على جميع جوانب الخزائن.

شكل ١١ - ٢ خزانة مدرعة تستخدم لتخزين المصادر المشعة

(٣) المخازن الاسمنتية-:

تستخدم هذة المخازن لتخزين أعداد كبيرة من الحاويات الصغيرة والمتوسطة مختلفة النشـــاط الإشعاعي . تصنع هذة المخازن من غرف مصنعة من االخرسانة المسلحة ذات جدران سميكة وخالية من النوافذ وتكون الابواب من الحديد السميك المبطن بالرصاص لا يمكـــن فتحـــه إلا باستخدام أرقام خاصة، كما يزود مدخل الغرفة بجهاز إنذار يحذر من دخول الأشخاص غيـــر 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 هذة المخازن من غرف تبنى من الخرسانة المسلحة او الطابوق والاسمنت وتكـــون داخـــل 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. تجهـــز هـــذه الحجرات بباب سميك من الأسمنت المسلح ضمن إطار معدني محكم الاغلاق يمكن تحريكة علـــى سكة خاصة في قاعدة المخزن شكل (١١ –٣ أ). كذلك تستخدم بعض شركات حفر الابار النفطية

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

(٤) المخازن (حجرة) فوق سطح الارض:-

تستخدم هذة المخازن لغرض تخزين المصادر مع حاوياتها بشكل مؤقت واخراجها عند الاستخدام اوخزن المصادرالمستهلكة لحين ارجاعها للشركة المصنعة او طمرها .تشيد هذة المخـــازن فـــي منطقة مرتفعة عن المياة الجوفية بعيدة عن أماكن وجود العـــاملين ولكنهـــا قريبـــة مـــن طـــرق المواصلات. تبنى المخازن بالطابوق والاسمنت شكل (١١– ٤) او تكون بشكل حاويات حديديـــة كبيرة في داخلها حفر اسمنتية مبطنة بالحديد وبعمق بين ١ –٢ متر وغطاء اسمنتي او حديـــدي مبطن بالرصاص شكل (١١ –٥) ويوجد داخل المخزن قاطع من السمنت (Maze) لغرض وقاية العاملين عند دخول المخزن .

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

أ

ب

شكل (١١- ٤) مخزن فوق سطح الارض

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

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

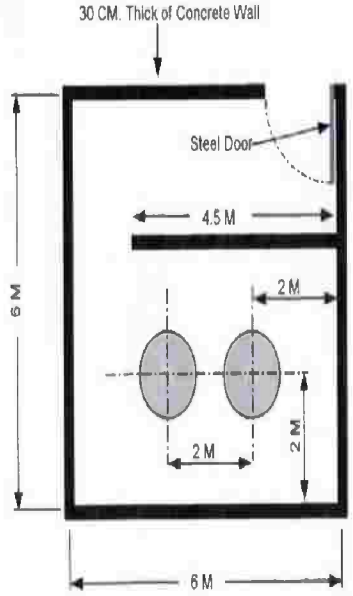
الاشعاعية تتصل بمنظومة صوتية ضوئية تعمل عند تجاوز الجرعة داخل المخزن حد معين شكل (١١ –٦). يحاط المخزن بسياج مشبك معدني يمثل منطقة المراقبة الاشعاعية توضع على السياج ومن حميع الجهات العلامات التحذيرية من الاشعاع. ويوضح الشكل (١١ –٧) مخطط للمخـــزن وابار(حفر) الخزن . تستخدم هذه الطريقة لتخزين الحاويات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

في حالة مواقع النفط والغاز البحرية التي تكون بشكل منصات ثابتة او بارجات تستخدم فيها مصادر الاشعاع بشكل مقاييس نووية اواجهزة التصوير الاشعاعي التي تحتوي على مصادر باعثة لاشعة جاما او اجهزة اشعة سينية. تحتاج هذة المصادرالى مواقع خزن، ولمحدودية مساحة المواقع البحرية للنفط والغاز تكون مخازن المصادر المشعة صغيرة وتنشا في منطقة بعيدة عن سكن وتواجد العمال وتكون

باتجاة الماء من معظم الجهات .توضع حاويات المصادر المشعة على ارض المخزن وتكون من الحديد المبطن بالرصاص.ويمثل المخزن منصقة السيطرة وحولة سياج بشكل مشبك حديدي او حبال يمثل منطقة المراقبة يوضح الشكل (١١ –٨) مخزن المصار الشعة في احد المنصات البحرية للغاز .

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

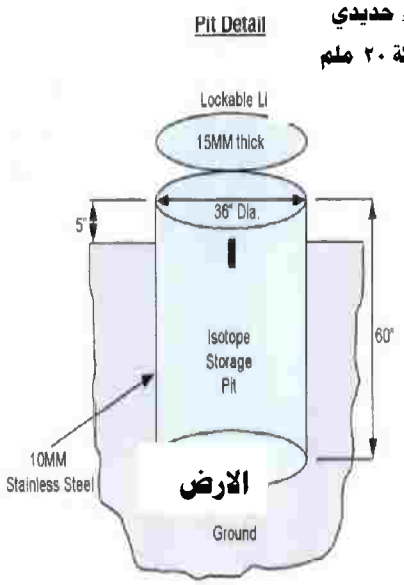
الشكل (١١ –٧) مخطط هندسي للمخازن فوق سطح الارض والابار داخلها



سياج بعرض لايقل عن ١.5 متر

مخطط البئر

غطاء حديدي
سمكة ٢٠ ملم



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

٥- مخازن بشكل حاويات حديدية Container :

هذة المخازن عبارة عن حاويات حديدية كتلك التي توضع على الناقلات البرية لنقل المواد عبر الحدود. تسيخدم هذة المخازن لخزن الحويات(البراميل) التي تحتوي على مواد مشعة ذات نشاط اشعاعي واطئ متل المواد المشعة طبيعيا (NORM) حيث ان سمك الحاوية الحديدية يكون كدرع مناسب من المواد ذات النشاط الاشعاعي الواطئ يتم احاطة المخزن بسياج يمثل منطقة المراقبة. شكل(١١ – ٩)

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

شكل(١١ – ٩) حاويات حديدية تستخدم كمخازن لخزن المواد المشعة طبيعيا (NORM)

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

الجدول(١١ -٢)خلاصة الانواع المختلفة للمخازن

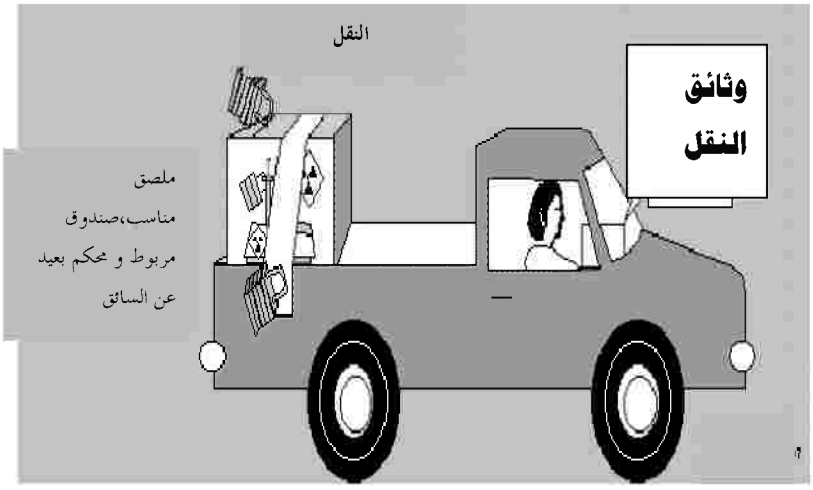
نوع المخازن	خزانة مدرعة	حجرة اسمنتية	حجرة اسمنتية تحت الارض	حجرة فوق سطح الارض	مخازن رطبة
السعة	قليلة	كبيرة	كبيرة	كبيرة	كبيرة
الكلفة	قليلة	متوسطة	متوسطة	متوسطة	كبيرة
الامان	جيد	جيد	جيد جدا	جيد	جيد
الوقاية الاشعاعية	جيد	جيد	جيد	جيد	جيد
المسح الاشعاعي	دوري	دوري	دوري	غيردوري	دوري
سهولة الوصول	جيد	جيد جدا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

١١ – ٥ نقل المصادر المشعة من اماكن خزنها .

تخزن 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 للنقـــل الامـــن

المواد المشعة (الفصل الثامن) ويتم اختيار نوع الطرد حسب النشاط الاشعاعي للمصدر المشع حيث ان المصادر المشعة ذات النشاط الاشعاعي الواطئ مثل اجهزة القياس الصناعية تنقل بواسطة الطرود نوع (A) .اما المصادر المشعة ذات النشاط الاشعاعي 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 الاشعاعية للطرد وهو على واسطة النقل للتاكد بان الجرعة الاشعاعية 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 المغلقة المستهلكة

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

(١) استخدام المصدر المستهلك في تطبيقات أخرى.

نتيجة للانحلال الاشعاعي للمصدر المشع بعد فترة من الزمن وعندما يصبح النشاط الاشعاعي غير كاف يمكن استخدام المصدر المشع ذي النشاط الاشعاعي المنخفض في تطبيقات اخرى ملائمة للنشاط الاشعاعي الجديد. وينطبق ذلك بوجه خاص على مصادر الكوبالت– 60 والسيزيوم –137 المعروفة بنشاطها الاشعاعي العالي.هذا الخياريكون اقتصاديا اذا تم في نفس البلد لاانة 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 بانشاء قاعدة معلومات بمتطلبات المستثمرين من المصادر المشعة. لغرض وضع خطة أو برنامج خاص يساعد استخدامه جميع المؤسسات المتعاملة أو المستفيدة من المنابع المشعة، ويدلها على الطريق الأمثل من أجل شراء واستثمار والتخلص من المصادر المشعة المغلقة.كذلك تقوم السلطة الرقابية بمراقبة تنفيذ الاجراءات الادارية و حركة المصادرالمشعة بين المستفيدين .

(٢) إعادة المصدر المشع إلى الشركة المصنعة:-

تعتبر عملية اعادة المصادر المشعة الى الشركة المصنعة أحد الخيارات المتاحة للتخلص الامن من المصادر المشعة المستهلكة. تقوم المؤسسة المستثمرة للمصادر المشعة أثناء شراء المنبع بابرام 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 بة المالك اعداد وتغليف المصدر المشع المزمع اعادته الى الشركة

المصنعة باستخدام نفس الحاوية التي جلب فيهاً أو يتعاقد مع بعض الشركات المتخصصة بنقل المواد المشعة لتوفير الاعداد والتغليف المناسبين للشحن، لكي يشحن شحناً مأمونا 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 كبيرا 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 وتحضيرالمصدر المشع المستهلك:

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

السطحية على سطح الحاوية كبيرا ولغرض تخفيضها إلى مستويات تضمن سلامة العاملين المتواجودين بالقرب منها تستخدام وسائل تدريع إضافية بشكل شرائح رصاصية او قطع من التنكستن تطوى حول المصدر المشع . ولا تقتصر عملية التحضير على المصادر ذات النشاط الاشعاعي العالي نسبيا بل جميع المصادر ذات النشاط الاشعاعي الذي يزيد عن معايير الاستثناء. اما تحضيرومعالجة المصادر المشعة المستهلكة ذات النشاط الاشعاعي العالي مثل المصادر المشعة المستخدمة للتعقيم والتشعيع الغذائي فيتطلب توفر منشآت خاصة لهذا العمل وفي حالة عدم تتوفر هذه المنشآت فيتم تخزين هذه المصادر ضمن حاويات في ابار داخل مخازن مدرعة حفر. أما المصلدر المشعة المغلقة ذات عمر النصف القصير والتي سيصل نشاطها الاشعاعي خلال مدة سنة إلى حدود الاستثناء فليس هناك أي حاجة لبذل جهود كبير من أجل التخلص منها ا إذ يتم تخزينها في مخازن خاصة لمدة ملائمة لغرض انحلالها اشعاعيا بعدها يتم التعامل معها كمصادر مستثناة. عند وجود مصادر مشعة قديمة وليس لها نشاط إشعاعي معلوم مثل مصادر العلاج اوالمصادر 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 هذة السيقات مجموعة واسعة من المعلومات والبيانات المحددة لمواصفات الطرود والحاويات المستخدمة من أجل نقل وتخزين المصادر المشعة.هذة المعلومات يجب ان تكون مرافقة لكل حاوية اوطرد 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 لايقنل اللبس ومحققة 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 الاشعاعي يجب تحقيقها وهي:

ا – التنظيم والتوثيق:

تقوم الشركة المالكة للمصدر بتسمية شخص بتحمل المسؤولية الاساسية 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 أذا كان مؤقت أم تخزين للتحلل واخيرا عدد المصادر. توثق جميع هذة المعلومات وتحفظ لدى الجهات ذات العلاقة وتكون المعلومات قابلة للاسترجاع في اية لحظة حتى بعد مرور عدة سنوات على ان يتم ذلك بيسر وبسرعة ولو كان ذلك بعد التخلص النهائي. جميع الوثائق الخاصة بالطرد ترافقة أثناء نقله إلى مواقع التخزين او التخلص النهائي من أجل التوثيق الفعال والعملي 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 ألاجهزة والادوات المستعملة لاجراء القياسات والاختبارات الضرورية وإجراء المعايرات اللازمة وفحوص متعددة للتحقق من الامان الاشعاعي وسلامة تأديتها لوظائفها المطلوبة للتاكد من سلامة وامان استخدام المواد المشعة. تسجل جميع النتائج في سجلات خاصة بذلك. كل هذة 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 اومعدة 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 الاخرى لابد من تصوير قطع اللحام اشعاعيا

(التصوير الراديوغرافي) في هذة الحالة يتعرض المصورالاشعاعي الى جرع 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 تبنى 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 الية 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–التدريع.

٢– إغلاق ابواب دخول الأفراد.

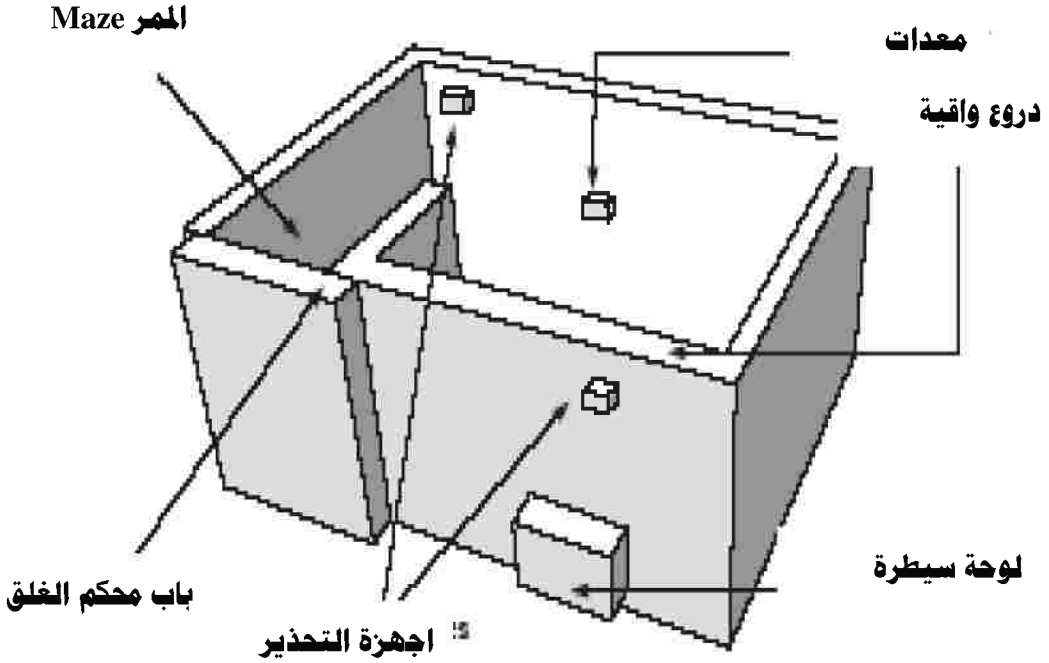
٣–كواشف إشعاع ثابتة.

٤– إشارات تحذيرية. كما في الشكل (١١–١١).

من المهم وضع خطة لتصميم السياج الواقي للعمل الأتي 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 (١١-١١) الموقع المغلقة جزئياً



التعرض المباشر للإشعاع أو الإشعاع المتشتت عن السياج الواقي يجب ان تحدد باستخدام الـــدرع 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 او تحرك البناء أو الدرع. وعند بناء السياج الواقي يفضل عدم تغير لاحق في السياج والذي يؤثر على الأمان والوقاية من الإشعاع إلا إذا كان هذا التغيير بموافقة السلطات الرقابية ومن اشخاص مؤهلين. ويتضمن السياج الواقي

١- تعليمات مناسبة عند نقاط الدخول أو المواقع المناسبة داخل وخارج منطقة السيطرة.

٢- الدخول إلى داخل السياج الواقي يحدد بسياقات عمل واضحة مثل استخدام منظومـــات السماح بالدخول. أبواب الدخول مزودة بقفل حالة مصادر جاما وقفل داخلـــي (**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 اكثر 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 يقرا كاشف الاشعاع جرع إشعاعية اكبر من الجرع 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 في نقاط لاتؤدي 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 تلصق على جميع أبواب البناء الواقي وتصنع من مواد تقاوم الضروف 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 إنتباة الأفراد داخل السياج.

وأن الوان 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**

تحذير (إلتهيئ stand-by)	**اصفر وعلامة تحذيرية من الإشعاع**
لا يوجد إشعاع الدخول امن	**أخضر**
المعلومات	**الأزرق**

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 عمليا بواسطة أجهزة إشعاعية بحيث أن معدل الجرعة عند حدود السياج يتراوح بين ٧.٥ – ٢٠ µSv\h عند استخدام المسددات، هذة المسددات تقلل من الجرعة الاشعاعية للمصورين الشعاعين ومن مساحة منطقة العمل. تصمم المسددات لتوجية الحزمة الاشعاعية الاولية بالاتجاة المفيد للتصوير .تصنع المسددات من اليورانيوم المنضب ،الرصاص ،او التنجستن. و عند عدم استخدام المسددات فان معدل الجرعة عند حدود السياج يكون بحدود ٥٠ µSv\h . لغرض تقليل الجرع التي يتعرضلها العاملين تستخدم الاجراءت الهندسية الممكنة وتطور سياقات العمل وان يكون المصور الشعاعي مدرب جيدا.

تحتاج عملية التصوير الراديوغرافي 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).

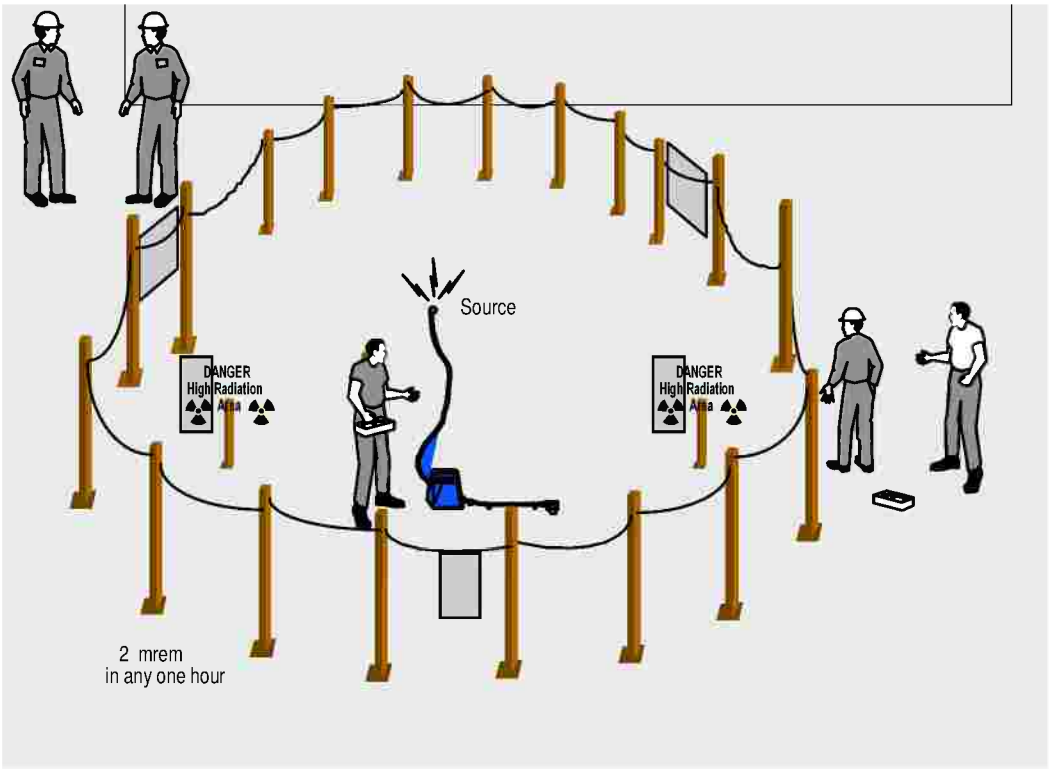
هذا الموقع يصمم كمنطقة سيطرة (Control area) حدود هذه المنطقة يمكن تحديدها باستخدام عداد اشعاعي .يجب ان تكون المنطقة مرئية وواضحة ومراقبة بشكل مستمر من قبل أحد العاملين ، إذا كانت حدود المنطقة واسعة ولا يمكن رؤيتها من موقع واحد فتتم مراقبتها بأكثر من شخص.

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 Ir^{192}. 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 البناروميي 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 تسييج منطقة السيطرة ويمكن استخدام المعادلة التالية لحساب المسافة D مقاسة بالمتر:

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

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 Ir^{192}.و ٣ ملي سيفرت / ساعة (٣٠٠ ملي ريم \ ساعة) للكوبلت-٦٠.

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

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

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

T– الاقامة او التواجد حيث انها تساوي (١) في حالة وجود المكاتب،أوغرفة السيطرة و(١ \ ٤) للتواجد الجزئي(الممرات،السلالم) . امالإقامة(التواجد) القليل جدا (الفضاء) فانها تساوي ١ \ ١ \ ١٦

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 مايكروسيفرت/اسبوع(٢ملي 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 كيوري 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 m, G=500 mrm/ h , W=5 h/week , T= 1/16 , P=2 mrm /week , B=20

بتطبيق القانون باتجاة الاشعاع **D^2=A G W T\P**

٥x٥٠٠x٢٠ /16x2 =1562.5

D^2=

D=39.5 meter

أي ان عرض السياج باتجاة حزمة الاشعاع الاصلي يساوي ٣٩.٥ متر

لإيجاد المسافة باتجاة معاكس لااتجاة حزمة الاشعاع الاصلي نطبق

D^2=A G W T/P B

D^2= ٢٠ X500 x5/16x2x40

D^2= ٣٩ D=6.25 meter

مثال ٢ :

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

D^2=A G W T / P

D^2= 10x1300x10x1/4x2

D=127.5 meter

أي ان عرض السياج باتجاه حزمة الاشعاع الاصلي = 127.5 متر

ولإيجاد عرض السياج باتجاه غبر اتجاة حزمة الاشعاع الاصلي

D^2=A G W T/ P B

D^2= 10x1300x10x1/4x2x40

=20.15 meter

المواقع الصغيرة (كوخ –بيت الكلاب) Dog House

عند الفحص الراديوغرافي في المنصات البحرية او البارجات لمنشات النفط والغازيتطلب فحص اللحام في الانابيب ولمحدودية المساحة للفحص الراديوغرافي يستخدم تركيب بشكل كوخ من الرصاص يسمى(كوخ – بيت الكلاب) House doge شكل(١١– ١٣) يتم التصوير داخلة حيث توضع كامرة التصوير او جهاز الاشعة السينية داخلة.وقد ينقل الكوخ بوسطة رافعة من خلال مخطاف في الاعلى او ان الكوخ يبقى ثابت وتنقل الانابيب الى داخلة 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 لمنشات الطاقة النووية ،وزارة التعليم العالي والبحث العلمي– جامعة بغاد – 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 Industy

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 المامون 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 ١٩٧٣غادر 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 غادرالعراق 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 من٥٠ 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.