الفصل الأول

نظرة عامة حول غاز الرادون

1 - 1 تمهيد

الرادون غاز مشع عديم اللون والطعم والرائحة، وهو من المصادر الطبيعية للإشعاع الذري، الذي يتولد في **سلسلة تفكك اليورانيوم - 238**. وهو أثقل من الهواء بسبعة أضعاف ونصف، ويوجد في جميع الأوقات في كل مكان من لأرض. وقد تم اكتشافه في أوائل القرن الماضي، وكان يعتقد حتى وقت قريب لا يتجاوز أربعة عقود، أنه آمن ونافع، ولكن تبين أنه وولائده يشكل نحو نصف الجرعة الإشعاعية المؤثرة التي يتعرض لها عموم الناس من المصادر الطبيعية مجتمعة (1 - 6)، وهو ثاني أكبر مصادر للإصابة بمرض سرطان الرئة بعد التدخين، لمن يتعرضون لتركيز مرتفع منه لمدة طويلة. والعديد من المساكن في العالم تحوي تركيزا مرتفعا من هذا الغاز دون أن يعلم عنها ساكنوها، لذلك تبذل الحكومات في كثير من الدول جهوداً حثيثة بهدف تحديد المساكن والمباني ذات التركيزات العالية من غاز الرادون ووضع الحلول الفاعلة لمعالجة المشكلة.

1 - 2 الوعي بمخاطر غاز الرادون

تصعب تبصرة الناس بمخاطر الرادون لأسباب يتعلق معظمها بطبيعة هذا الغاز والمخاطر التي يحدثها، التي منها ما يأتي:

- عدم وجود أدلة مادية مباشرة على وجود غاز الرادون الذي لا يرى ولا يشم، ولا يمكن إدراكه.
- الرادون قاتل «صامت» فتأثيراته تظهر بشكل غير مباشر بعد مدة طويلة من الزمن. وحتى عند اكتشاف التركيز العالي منه فإن هذا يزيد احتمال الإصابة بمرض سرطان الرئة.

obeikandl.com

- على الرغم من إجماع المنظمات الصحية الوطنية منها والعالمية على أن الرادون داخل المباني يمثل مشكلة بيئية صحية تجب معالجتها، فإن الكثير من الناس يتساءل: لماذا لم نسمع عن عدد كبير من الوفيات بسببه؟
- ومسببات مرض سرطان الرئة غير مقصورة على الرادون. لذلك فمن الصعب ربط الموت مباشرة بهذا الغاز.
- والمبالغة في مخاطره أو التقليل من شأنها، إثارة الشك لدى العديد من الناس.
- لقد سئم الناس عموماً من سماع مسببات السرطان، فلما بلغ ذلك حد الإشباع أصبحوا يميلون إلى إهمال أي معلومات جديدة.

1 – 3 ما هو غاز الرادون ؟

الرادون غاز مشع ينتج عن تفكك اليورانيوم، تم اكتشافه في أوائل القرن العشرين[1] مع بداية الدراسات حول العناصر المشعة، حيث وجد أن عدة عناصر مشعة – من التي اكتشفت في ذلك الحين تطلق غازات مشعة أيضاً. والرادون – 222 هو النظير[2] الأكثر وفرة مقارنة بالنظائر الأخرى للعنصر (جدول(1 - 1)) وعدده الذري 86، ولذلك فهو المسمى العام للرادون الذي استخدمناه في هذا الكتاب.

الرادون من الغازات الخاملة التي لا تتفاعل بسهولة مع العناصر الأخرى، ومن الصعب حبسها، وإذا وجد في الهواء فإنه يستنشق مع بقية الغازات ويخرج أنياً مع الزفير، لذا فإن مخاطر الرادون لا تنشأ بشكل رئيس عن استنشاق الغاز بل تكمن في النظائر التي تنشأ عند تفككه الإشعاعي وتدعى بالولائد التي هي مشعة أيضاً، ولكنها تختلف عن غاز الرادون في كونها ذرات صلدة – غير غازية – لعناصر ثقيلة تلتصق بسرعة بكل ما تلامسه.

(1) تم اكتشاف غاز الرادون عام 1900م من قبل فريدريك أرنست دورن، وتم فصله وقياس كثافته عام 1908م من قبل وليم رمزي وروبرت ويتلو – كَري، ولم يسم باسمه الحالي إلا عام 1923م (34).

(2) النظير: أحد عدة نويدات لها نفس العدد من البروتونات [العدد الذري] ولكن تختلف في عدد النيوترونات.

obeikandl.com

جدول (1 - 1) النظائر الثلاثة لغاز الرادون المتوافرة في الطبيعة.

المصدر	النظير	المسمى	عمر النصف
يورانيوم ـ 238	رادون ـ 222	رادون	3.28 يوم
ثوريوم ـ 232	رادون ـ 220	ثورون	55.6 ثانية
يورانيوم ـ 235	رادون ـ 219	أكتنيون	4 ثواني

جدول (1 - 2) بعض صفات غاز الرادون - 222.

الصفة	المعلومة
اسمه ورمزه وعدده الذري	رادون - 86 - Rn
طبيعته ولونه ورائحته	غاز خامل عديم اللون والرائحة
كثافته	9.73غم/لتر عند 50^{0}م وضغط جوي واحد
درجة تجمده	- 71,15 ^{0}م
درجة غليانه	- 61,85 ^{0}م

إن الخطر الصحي الرئيس ينجم عن استنشاق ولائد الرادون أو جزئيات الهباء التي تحمل هذه الولائد، ومن ثم تستقر في الرئة. ومع ذلك فإن المشكلة يمكن تسميتها بمشكلة الرادون لأن الولائد لا توجد في البيئة إلا حيث يوجد هذا الغاز.

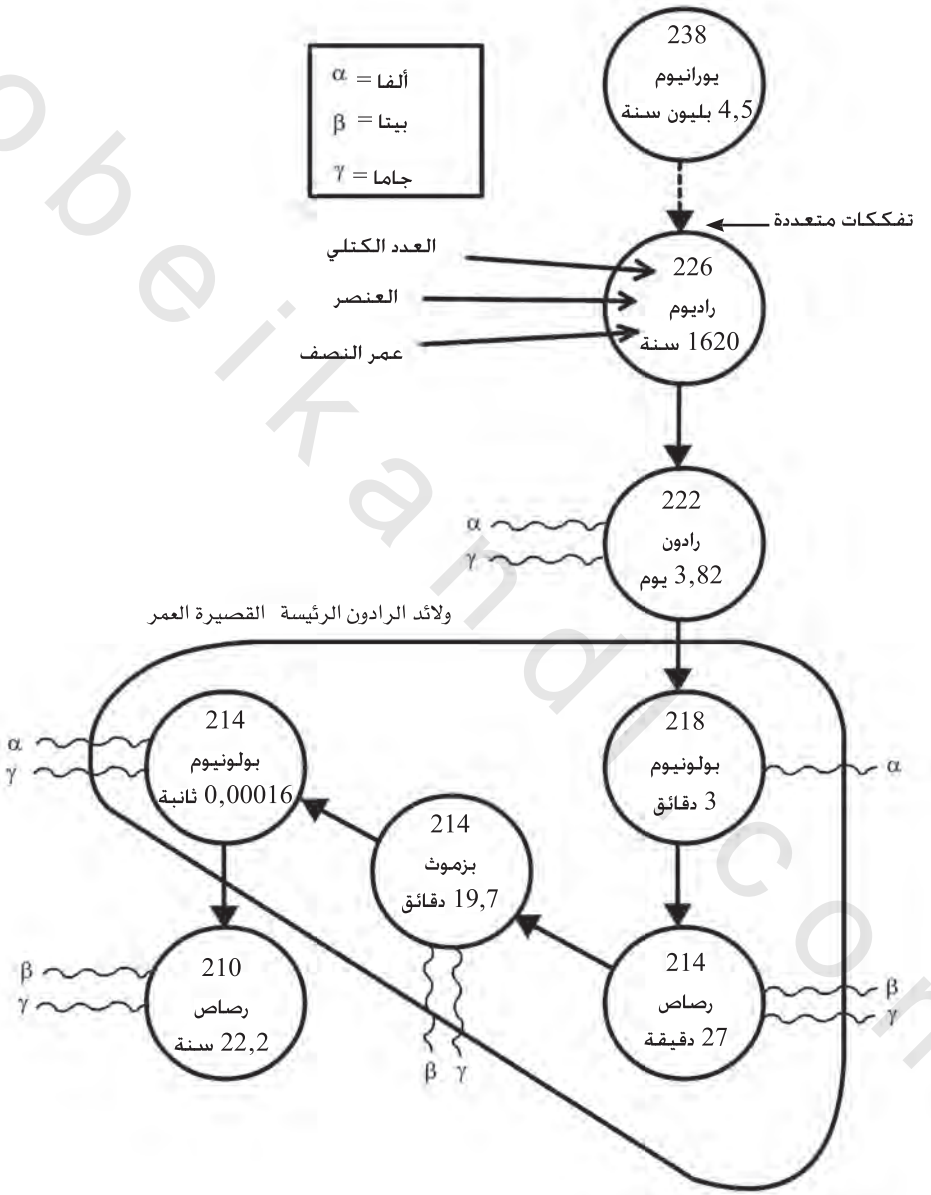
1 – 4 مصادر غاز الرادون في البيئة

ينتج غاز الرادون عن سلسلة النشاط الإشعاعي لليورانيوم ـ 238 الموجود في الطبيعة، فبعد عدة تفككات لليورانيوم ينتج عنصر الراديوم ـ 226 الذي يتفكك بدوره ليعطي غاز الرادون – 222.

يعرف **عمر النصف** بالزمن الذي يستغرقه تفكك نصف عدد ذرات النظير المشع، ومقداره لليورانيوم – 238 هو 4.5 بليون سنة، و هذا هو عمر أقدم الصخور المعروفة على الأرض، لهذا فقد تفكك نصفه حالياً وبقى نصفه مقارنة بما كان موجوداً عند نشأة الأرض، وتفكك اليورانيوم - 238 هو الخطوة الأولى في سلسلة تفكك إشعاعي

obeikandl.com

للنظائر الوليدة التي ينتج عنها تكون الراديوم – 226 ثم الرادون – 222، وينتهي هذا التفكك الإشعاعي بنظير الرصاص – 206 المستقر.



شكل (1 - 1) سلسلة تفكك الراديوم وأعمار أنصافها، و ما تطلقه من إشعاع، وفيه إشارة إلى ولائد غاز الرادون الرئيسة القصيرة عمر النصف (39).

obeikandl.com

إن سلسلة التفكك الإشعاعي لليورانيوم – 238 موضحة في شكل (2-1) من الفصل الثاني، أما ما يتعلق بغاز الرادون فهو موضح في الشكل (1-1) حيث يتفكك اليورانيوم – 238 في مراحل عدة حتى يتحول إلى الراديوم – 226، الذي ينتج عن تفككه غاز الرادون. والمقصود عادة بولا ئد الرادون – 222 هي النوى الأربع المباشرة بعده قصيرة العمر (انظر شكل (1 - 1))، أما النواة الخامسة وهي الرصاص – 210 فهي تعد صنفا آخر لأن عمر نصفها طويل نسبياً (22 سنة).

و ينتشر اليورانيوم وولائده في القشرة الأرضية في العديد من الصخور وأنواع التربة بنسب متفاوتة، كما يوجد في المياه السطحية وتحت السطحية، ومن ولائده: الراديوم ـ 226 الذي بتفككه يتكون غاز الرادون الذي يصل إلى مختلف أجزاء البيئة.

وعمر النصف لغاز الرادون ـ 222 هو 3.82 يوماً، فإذا ما حبس في الأرض لعدة أيام فإن تخلله منها إلى الجو يقل بشكل كبير، وتعتمد نسبة التخلل على العمق الذي تكون فيه الغاز، وعلى نفاذية صخور وتربة الأرض للرادون. ونحو 10% من غاز الرادون المتكون في عمق متر واحد من التربة يتسرب منها إلى الجو. أما ولائد الغاز فتلتصق بصورة أكبر في التربة (7).

ويقدر المعدل العام لتركيز اليورانيوم في التربة والصخور في حدود الأجزاء بالمليون وزناً، أما في مياه البحار فهي عادة أجزاء بالبليون وزناً، وهناك اختلاف كبير في تركيزه من مكان لآخر. وعندما يصل تركيزه عدة آلاف بالمليون فإن ذلك قد يجعل الخام ذا جدوى اقتصادية، أما إذا كان تركيزه دون ذلك ولكن أعلى من المعدل العام، كما هي الحال في كثير من المناطق، فإنه لا يصلح للتعدين. وإذا كانت المواد الغنية باليورانيوم قريبة من سطح الأرض فإن معدلات تحرر غاز الرادون منها يكون مرتفعاً وبذلك يزداد خطر التعرض له (7).

1 – 5 الاهتمام الخاص بالنظير الرادون - 222

عند الحديث عن مشكلة الرادون فإن المقصود بذلك في معظم الأحيان هو نظير الرادون ـ 222 وولائده، غير أن هناك نظائر أخرى لغاز الرادون تتكون عند تفكك

obeikandl.com

نوى ذرات مثل اليورانيوم ـ 235 الذي يقود إلى تكون الرادون ـ 219 الذي يدعى أيضاً بالأكتينون، والثوريوم ـ 232 الذي يقود إلى تكون الرادون ـ 220 الذي يدعى كذلك بالثورون. والأكتينون يمكن إهماله تماماً لأن مصدره اليورانيوم ـ 235 وهو نظير نادر نسبياً كما أن عمر نصفه 4 ثوان فقط.أما نسبة الثوريوم ـ 232 في القشرة الأرضية فتزيد على اليورانيوم بنحو أربعة أضعاف، ولكن نظرا لأن عمر نصف الثوريوم ـ 232 أطول من اليورانيوم ـ 238 فإن معدل تكون الثورون في التربة مقارب للرادون، ولأن عمر نصفه 56 ثانية فإن هناك فرصة أكبر للثورون أن يتفكك في الأرض أو في مواد البناء قبل تحرره، مقارنة بالرادون ذي عمر النصف البالغ 3.82 يوماً، لذا فإن كمية الثورون التي تدخل البيئة هي أقل كمية من الرادون، ويمكن عادة إهمال الثورون وولائده في مناقشة مشكلة الرادون، علماً بأن مشاركته في الجرعة الإشعاعية ليست مهملة كما هي الحال في الأكتينون، وخاصة في مناطق التركيز المرتفع لخام الثوريوم (8)، كما هي الحال في بعض مناطق الهند.

1 - 6 مستويات غاز الرادون في المساكن

يدخل غاز الرادون المباني بشكل رئيس من الأرض عن طريق الفراغات الموجودة في هيكل المبنى، كما يدخلها بدرجة أقل من مواد البناء ومن الماء الذي يغذي المبنى. ونسبة هذا الغاز داخل المباني هي عادة أعلى مما في خارجها. وتركيزه في المبنى يعتمد بشكل كبير على معدل التهوية فيه. فإذا قل معدل التهوية (تغير الهواء) إلى النصف فإن تركيز غاز الرادون سيتضاعف، على افتراض ثبات العوامل الأخرى، نتيجة لقلة اختلاط الهواء داخل المنزل بالهواء الجوي الذي يحوي تركيز منخفض من الرادون. ومن هنا ينشأ الخوف من أن تقود وسائل حفظ الحرارة أو البرودة في المساكن، لغرض توفير استهلاك الطاقة، إلى ارتفاع تركيز غاز الرادون فيها كما حدث في السويد.

وتركيز غاز الرادون في المساكن يختلف باختلاف معدل إنتاج هذا الغاز في الأرض المقامة عليها، وفي معدل ما يصلها منه.فمعدل الإنتاج يعتمد بشكل رئيس على ما

تحتويه التربة من اليورانيوم .أما معدل ما يصل المسكن فيعتمد على كل من نفاذيتها ونسبة الرطوبة فيها.

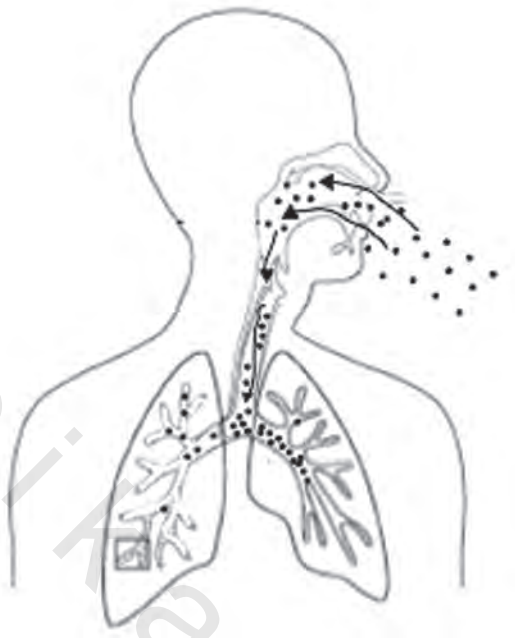
وتركيز غاز الرادون في مساكن الدول العربية التي أجرت قياس لذلك هو عموما منخفض، إلا أنه اكتشف تركيز مرتفع في معظم هذه الدول (انظر باب (5 - 3)). وتعاني كثير من الدول في العالم الغربي من مشكلة ارتفاع نسبة غاز الرادون في بعض مساكنها (انظر باب (5 - 4)) وقد بذلت جهودٌ كبيرة للتحكم بمستوياته بطرق مختلفة، منها غلق الشقوق وقنوات دخول غاز الرادون في الأرضيات، وتهوية الأرضيات، وتهوية المساكن، كما هو مبسوط في الفصل السادس.

1 – 7 تقدير مخاطر غاز الرادون المشع

يقود استنشاق غاز الرادون أو ولائده إلى ترسب ذرات من عناصر مشعة على جدران الرئة وخاصة بمنطقة الشعيبات، وأثناء تفكك هذه الذرات تطلق جسيمات ألفا التي تشعع خلايا أنسجة الرئة التي تمر بها مما قد يحولها إلى خلايا سرطانية.

ويعتمد معدل الإصابة بمرض سرطان الرئة على مقدار ترسب الذرات المشعة في الرئة، وهذا يعتمد على عوامل عدة من ضمنها تركيز غاز الرادون وولائده في الهواء، كما يعتمد على مدى التصاق الولائد بذرات الهباء الجوي، وحجم هذه الذرات، ومعدل التنفس، ومعدل ترسب ذرات الولائد في الأجزاء المختلفة من الرئة، فإذا ما عرفت هذه العوامل ووضع نموذج مناسب للرئة فإن من الممكن حساب الجرعة الإشعاعية. والحسابات في ذلك قريبة من بعضها بحيث تسمح بإعطاء تقديرات مقبولة لقدر الجرعة الإشعاعية الناتجة عن التركيز المحدد لغاز الرادون في الهواء، وأثر ذلك على رئة الإنسان، وقد بسط هذا الموضوع في الفصل الثامن.

obeikandl.com



شكل (1 - 2) تخطيطي يوضح كيفية ترسب ولائد غاز الرادون داخل الرئة.

والقياس المباشر لتأثير غاز الرادون على الإنسان يتم – عادة – بمعرفة عدد حالات مرض سرطان الرئة التي تعزى إلى هذا الغاز، إلا أن هذه الطريقة أقل دقة، وذلك لأن تقدير العلاقة بين حالات حدوث مرض سرطان الرئة ومقدار التعرض الإشعاعي للرادون مبني بشكل رئيس على الاستقراء من الخبرات لعمال المناجم، خاصة عمال مناجم اليورانيوم، فقد وجد أن ارتفاع معدلات حدوث مرض سرطان الرئة في هؤلاء العمال مرتبط بالتعرض للتركيز العالي من غاز الرادون في هذه المناجم كما هو مبسوط في الفصل السابع.

وهناك كثير من عدم الدقة في هذه الطريقة ويعود السبب في ذلك أولاً: إلى صعوبة وضع تقديرات لتعرضات عمال المناجم للرادون أثناء حياتهم العملية، وإلى احتمال مشاركة عوامل أخرى مسرطنة للرئة تعرض لها عمال المناجم أثناء عملهم، لذا فإن العلاقة بين حدوث مرض سرطان الرئة والتعرض للرادون غير دقيقة لحد ما حتى بالنسبة لعمال المناجم، أما السبب الثاني: لعدم الدقة في الحسابات فمنبعه

اختلاف الظروف المحيطة بعمال المناجم مقارنة بالظروف المحيطة بعامة الناس، مثل الاختلاف في وجود نسبة الغبار في الهواء، والاختلاف في نمط التنفس مما يؤدي إلى اختلاف الجرعات الإشعاعية. هذا بالإضافة إلى أن افتراض علاقة طردية بين الإصابة بمرض سرطان الرئة والجرعة الإشعاعية من أجل استنباط ما يمكن أن يحدث في المساكن بمقارنته بما حدث لعمال المناجم غير ثابت، وهذه الفرضية تدعى بالفرضية الطردية كما سيأتي تفصيله في الفصل السابع.

1 - 8 حجم المخاطر الصحية لغاز الرادون المشع

يُعدّ التعرض للإشعاع الذري بمختلف مستوياته أمرا غير مرغوب فيه، بعد أن ثبت أن التعرض للجرعات المرتفعة منه له تأثيرات ضارة على صحة الإنسان. وقد طرأ حديثاً اهتمام ملحوظ حول التعرض للجرعات المنخفضة من الإشعاع الذري الصادر من النظائر الطبيعية المشعة (خاصة اليورانيوم ـ 238 والثوريوم ـ 232 والبوتاسيوم ـ 40)، لأن التعرض الخارجي للإشعاع الذري، يشكل نحو نصف معدل الجرعة السنوية الطبيعية التي يتعرض لها جسم الإنسان من المصادر المختلفة (4). وقد وجد أن النظائر الطبيعية المشعة، خاصة المذكورة آنفاً موجودة في مواد البناء، وبذلك تشكل هذه المواد جزءاً من الوسط الإشعاعي الذي نعيش فيه.

وتعدُّ الإصابة بمرض السرطان بمختلف أنواعه أهم تأثير للتعرض للجرعات المنخفضة من الإشعاع الذري، وقد أظهرت دراسة مستفيضة أجريت على 100,000 من اليابانيين الذين نجوا من جريمة إلقاء قنبلتي هيروشيما ونجزاكي عليهم عام 1945، وتعرضوا للإشعاع الناتج عن ذلك، أن مرض السرطان كان السبب الوحيد في زيادة الوفيات بينهم. كما أجريت بحوث أخرى على معدلات انتشار أمراض السرطان في جزر المحيط الهادي الملوثة بالإشعاع نتيجة التجارب النووية التي أجريت هناك عام 1954م، وكذلك على معدلات مرض سرطان الرئة في عمال المناجم، خاصة مناجم اليورانيوم، وبين الناس الذين تعرضوا لجرعات إشعاعية علاجية، وكانت دراسات هيروشيما ونجزاكي هي الوحيدة التي تتبعها الدارسون عن قرب لمدة تزيد

عن 30 عاما، وشملت أعداداً كبيرة من جميع الأعمار تعرضت أجسامهم للإشعاع بشكل متجانس تقريباً.

ومع كل هذه الدراسات تبقى المعلومات الثابتة حول العلاقة بين الإشعاع والإصابة بأمراض السرطان محدودة، إلا أن هناك ثروة من المعلومات التجريبية حول الحيوانات. ومع أن هذه المعلومات تساعد في تحديد التأثيرات فإنها لا يمكن أن تكون بديلاً للدلالة عما يحدث حقيقة للإنسان. وللحصول على تقدير مقبول للمخاطر التي يواجهها الإنسان، ينبغي أن تتوافر في الأدلة البشرية مجموعة من الشروط، منها أن تكون الجرع المتعرض لها معلومة، وأن تكون موزعة بشكل متجانس على كل الجسم أو على الأقل تكون الجرعة متجانسة على العضو قيد الدرس، وينبغي مراقبة السكان المتعرضين للإشعاع لعقود، وذلك لإعطاء الوقت اللازم لظهور أثر ذلك، وينبغي للتشخيص أن يكون شاملا ودقيقا، ومن المهم كذلك أن يكون لدينا مجموعة ثابتة من السكان (للمقارنة) مشابهة للناس المتعرضين للإشعاع الذين هم قيد الدرس إلا أنهم لم يتعرضوا للإشعاع، وذلك لمعرفة نسبة انتشار أمراض السرطان فيهم بغياب الإشعاع، كما أن المجموعتين من الناس ينبغي أن تكونا كبيرتين بشكل كاف للإحصاء (65).

وأمراض السرطان أنواع كثيرة، عافانا الله وإياكم منها، وما يهمنا منها ما يمكن أن يحدثه غاز الرادون وهو مرض سرطان الرئة الشائع في الأشخاص المتعرضين للجرعات المرتفعة من هذا الغاز. لقد انتشرت أمراض سرطان الرئة بين عمال مناجم اليورانيوم في دول عدة، وكانت مكملة للمعلومات المجمعة من هيروشيما ونجزاكي. وبالرغم من اكتشاف غاز الرادون في بداية القرن الميلادي الماضي، وربط بعض العلماء بينه وبين الإصابة بهذا المرض في وقت مبكر إلا أن الجهات المسؤولة في تلك الدول لم تتخذ خطوات عملية لمعالجة الأمر إلا في نهاية الستينيات من القرن العشرين (8). ومما لاشك فيه أن غاز الرادون هو أحد مصادر الإصابة بمرض سرطان الرئة (4 - 6)، لذلك تبذل دول العالم مثل أمريكة وبريطانية وألمانية والسويد والهند والصين وإيران جهوداً حثيثة في بلدانها بهدف تحديد المساكن

والمباني ذات التركيز العالي من هذا الغاز ووضع الحلول الفاعلة لمعالجة المشكلات الصحية الناتجة عنه.

إن تقدير مخاطر الإصابة بمرض سرطان الرئة بسبب استنشاق غاز الرادون وولائده مبنية على دراسة عمال مناجم اليورانيوم في كل من كندا والولايات المتحدة الأمريكية وتشكوسلوفاكيا، وعمال مناجم الحديد في السويد، وفي غيرها من المناجم التي نظراً لارتفاع تركيز هذا الغاز فيها ازدادت حالات الإصابة بهذا المرض فيهم بشكل كبير، ووصلت نسبة الهلاك حتى 16% من العاملين(8). ووجد أن هذا الخطر يزداد طردياً مع الجرعة الإشعاعية المتراكمة. وقد استنتجت الوكالة الدولية لأبحاث السرطان وغيرها أن هناك أدلة كافية لاعتبار غاز الرادون من المسرطنات للإنسان (18).

وإلى قبل ثلاثة عقود من الزمان لم يكن يعتقد أن غاز الرادون يشكل خطراً على الصحة في الأماكن البعيدة عن المناجم لقلة تركيزه فيها، ولكن اكتشف أن تركيز هذا الغاز في بعض البيوت تتفاوت بمقدار مئة ضعف على الأقل تبعاً لتركيبها وموقعها (19، 20). وهذا يعني أن التركيز العالي منه في بعض المساكن مقارب لتركيزه في المناجم.

واستناداً إلى دراسة أجريت عام 1996م(21)، شملت تحليل نتائج ميدانية في كل من كندا والصين وفنلندا والسويد لنحو 4263 من المصابين بمرض سرطان الرئة و6612 من الأصحاء، وجد أن احتمال الإصابة بهذا المرض يزداد بمقدار 14% إذا عاش الإنسان 30 سنة في مسكن يبلغ تركيز غاز الرادون فيه 150بيكريل/م^3 أو أكثر. وهذه النتيجة مقاربة جداً لما وجد عند عمال المناجم حيث تقدر الخطورة بنحو 13%.

وقد قدرت الهيئة البريطانية للحماية الإشعاعية مشاركة غاز الرادون في الإصابة بمرض سرطان الرئة في المملكة المتحدة بنحو 6% (22)، وهذا يعادل 2000 حالة وفاة سنوياً من مجموع الحالات البالغة 40000 حالة. أما في السويد –التي تعاني من مشكلة

التركيز العالي للرادون في مساكنها- فتقدر مشاركة هذا الغاز في الإصابة بمرض سرطان الرئة بنحو 30% من عدد الإصابات السنوية البالغة 3000 حالة، في حين أن عدد سكان السويد هو 8,4 مليون فقط (22). أما في الولايات المتحدة الأمريكية فقد قدرت الوكالة الأمريكية لحماية البيئة مشاركة غاز الرادون في الإصابة بمرض سرطان الرئة بنحو 10% إلى 14%، وهذا يعادل نحو 21,000 حالة وفاة سنوياً من مجموع الحالات البالغ نحو 180,000(23). وتقدر منظمة الصحة العالمية مشاركة غاز الرادون في إحداث مرض سرطان الرئة بنحو 6 إلى 15% على مستوى العالم (23)، أما في أوربة فتقدر مشاركة الرادون 9% من حالات الهلاك بمرض سرطان الرئة التي تمثل 2% من حالات الهلاك نتيجة جميع أنواع أمراض السرطان (24).

1 - 9 الحدود الإشعاعية لغاز الرادون

بعد أن ثبت علمياً أن غاز الرادون هو أحد مصادر الإصابة بمرض بسرطان الرئة، عمدت الوكالات الدولية والوطنية المعنية بحماية البيئة في البلدان التي اكتشف فيها وجود تركيز عالٍ من هذا الغاز، إلى إرشاد مواطنيها بخطورة هذا الغاز وطرق الوقاية منه. فقد قدمت الوكالة الأمريكية لحماية البيئة (EPA: U.S. Environmental Protection Agency) توصية بأن يقوم الناس بإصلاح بيوتهم إذا كان تركيز غاز الرادون فيها يزيد عن 150بيكريل/م^3، وسمي هذا (بمستوى التدخل)، في حين رفعت بريطانية مستوى التدخل إلى 200 بيكريل/م^3، وألمانية إلى 250بيكريل/م^3 بينما خفضته هولندا إلى 20 بيكريل/م^3. ولا يعني هذا بالضرورة أن هذه مستويات آمنة، إذ ليس هناك حد آمن للتعرض للرادون، كما هي الحال في جميع المسرطنات، حيث إن أي مستوى للتعرض، مهما قل شأنه، قد يشكل قدراً من مخاطر الإصابة، بينما يقل هذا الخطر طردياً مع انخفاض مستوى التعرض للإشعاع. ويوضح الجدول (1 - 3) بعض الحدود الوطنية والدولية لتركيز غاز الرادون في المساكن . ومن المتوقع أن تقوم الدول والهيئات الدولية بخفض الحد الأقصى لهذا الغاز في المساكن قريبا بعد ثبوت تأثيره.

obeikandl.com

جدول (1 - 3) الحدود الوطنية والدولية لتركيز غاز الرادون في المساكن (بيكريل/م^3) (25,8).

الهيئة	حدود المساكن الحالية	حدود المساكن المستقبلية	التاريخ
الهيئة الدولية للحماية الإشعاعية ICRP	400	200	طبق 1984م
دول المجموعة الأوروبية المشتركة CEC	400	200	اقترح 1989م
منظمة الصحة العالمية WHO	200	200	طبق 1987م
الوكالة الدولية للطاقة الذرية IAEA	600-200	600-200	
فنلندا	400	200	طبق 1986م
النرويج	400	200	طبق 1986م
بريطانية	200	200	طبق 1990م
ألمانية	250	250	اقترح 1986م
الولايات المتحدة الأمريكية	150	150	طبق 1986م
كندا	800	200	موصى بها 2007
هولندا	---	20	هدف لمعدل التركيز في المساكن
السويد	800	150	
أستراليا	200	200	
النمسا	400	200	
الصين	200	---	
جمهورية التشيك	500	250	
الدنمارك	400	200	
أستونيا	400	200	
اليونان	400	200	
أيرلندا	200	200	
بولندا	400	200	
روسية	400	200	

obeikandl.com