

قياس غاز الرادون في المنازل بالمدن الليبية

مسعود صالح خليفة

مركز بحوث الطاقات المتجددة وتحلية المياه

الخلاصة:

يعتبر الرادون من الناحية الإشعاعية أهم العناصر التي تتحدر من باعثات جسيمات ألفا في الطبيعة (^{235}U و ^{238}U و ^{232}Th) فهو يمثل المصدر الرئيسي للخلفية الإشعاعية الطبيعية التي يتعرض لها الإنسان في البيئة. أجمع العلماء خلال العقود الأخيرة من القرن الماضي على أن التعرض للرادون ووليداته باعثات ألفا كانوا السبب المحتمل في ارتفاع نسبة المصابين بسرطان الرئة بين عمال مناجم اليورانيوم، وقد تركزت جهود الباحثين على إجراء القياسات بالأماكن المأهولة بالسكان لتقدير أخطار التعرض على صحة عامة الناس.

أظهرت القياسات التي أجريت بالمنازل بأحد مناطق مدينة طرابلس أن مستوى الرادون منخفض (يتراوح مدى تركيز الرادون من 3Bqm^{-3} إلى 57Bqm^{-3}) مقارنة بمستويات التعرض المسموح بها في الولايات المتحدة الأمريكية وبعض الدول الأوروبية التي أجرت مسح على قياسات الرادون بالمنازل. على الرغم من أن العديد من العوامل تؤثر في تركيز الرادون بالمنازل إلا أن الأسباب المحتملة للمستوى المنخفض الذي أظهرته نتائج القياسات المحلية يعود إلى انخفاض تركيز المصدر في التربة المحلية بالإضافة إلى عادات السكان وتصميم المباني اللذان يعتبران من أهم العوامل المؤثرة في التهوية التي تلعب دورا أساسيا في خفض مستوى الرادون بالمنازل.

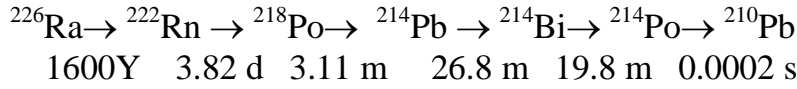
مقدمة:

النشاط الإشعاعي ظاهرة طبيعية والعناصر المشعة طبيعيا التي تدخل ضمن مكونات القشرة الأرضية تنبعث منها أنواع مختلفة من الإشعاع تساهم في الخلفية الإشعاعية الطبيعية التي يتعرض لها الإنسان ولكن اغلب هذه العناصر التي تنبعث منها جسيمات ألفا تنتمي إلى سلاسل التفكك الإشعاعي لنظيري اليورانيوم (^{235}U و ^{238}U) ونظير الثوريوم (^{232}Th) وأهمها من الناحية الإشعاعية هو عنصر الرادون.

الرادون هو عنصر عدده الذري 86 ويرمز له بالرمز Rn وهو غاز خامل كيميائيا ومشع طبيعيا، تنبعث منه جسيمات ألفا وينحدر منه عناصر مشعة طبيعيا مثل نظيري البولونيوم (^{214}Po و ^{218}Po) وهما أيضا باعثان لجسيمات ألفا. والرادون غاز عديم اللون والرائحة ولا يمكن كشفه إلا عن طريق الإشعاعات المنبعثة منه أو المصاحبة للتفكك الإشعاعي لوليداته.

منشأ الرادون:

ينشأ الرادون من تفكك عنصر الراديوم المشع طبيعياً والذي يعود إلى أحد سلاسل التفكك الإشعاعي الطبيعية والطويلة لنظيري (^{235}U و ^{238}U) ونظير الثوريوم (^{232}Th). وبالتالي فالرادون موجود بشكل طبيعي في كل مكان على سطح الأرض وذلك لوجود اليورانيوم والثوريوم ضمن مكونات القشرة الأرضية [1]. ولكونه غاز خامل فالرادون له القدرة على النفاذ من المواد الصلبة والتسرب إلى البيئة المحيطة والاختلاط بالهواء الجوي. للرادون ثلاثة نظائر (^{219}Rn و ^{222}Rn و ^{220}Rn) ينحدرون من سلاسل تفكك نظيري اليورانيوم (^{235}U و ^{238}U) ونظير الثوريوم (^{232}Th) على التوالي إلا أنه من الناحية الإشعاعية يعتبر النظير ^{222}Rn المعروف باسم الرادون هو الأكثر أهمية [3]. الرادون-222 وليدة التفكك الإشعاعي لنظير الريديوم-226 الذي ينحدر من سلسلة التفكك الإشعاعي لليورانيوم-238 الأكثر نظائر اليورانيوم وفرة في الطبيعة. التفكك الإشعاعي الأكثر أهمية في تلك السلسلة والمتمثل في الرادون ووليداته يبدأ من الريديوم-226 حتى الرصاص-210 كالآتي:



السطر الأول يوضح النظائر المنحدرة من سلسلة التفكك والثاني يتضمن أعمار النصف لكل نظير حيث s و m و d و Y ترمز للزمن بالثانية والدقيقة واليوم والسنة على التوالي. فعندما نتكلم عن وليدات الرادون ذوات العمر القصير نعني الأربع نظائر المنحدرة مباشرة من الرادون-222.

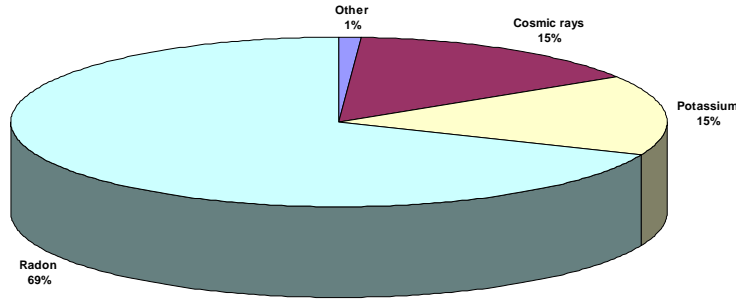
مصادر الرادون ودوره في الخلفية الإشعاعية:

يعتبر الماء والترربة هما المصدران الرئيسيان للرادون المنبعث إلى البيئة. إذ أن حوالي 80% من الرادون المنبعث إلى الوسط الخارجي ينتج من الطبقة العليا لسطح القشرة الأرضية. تساعد التصدعات والتشققات في الصخور والترربة في زيادة كمية الرادون المتسرب إلى خارجها ويتأثر معدل انتشار الرادون خلال التربة والصخور بنسبة الرطوبة ومسامية التربة [4]. وفي كل الأحوال تزداد كمية الرادون المتحرر من سطح التربة كلما زاد تركيز المصدر وكان قريبا من سطح الأرض. يقدر بأن نسبة حوالي 10% فقط تتحرر إلى خارج التربة من الرادون الناشئ على عمق 1m تحت سطح الأرض [5].

الرادون متوسط الذوبان في الماء وتعتمد كمية الرادون المذاب على تركيزه في طبقات الأرض الجوفية حيث مصدر الماء. لخفض كمية الرادون المتحرر من الماء ينصح بتخزين

مياه الآبار قبل استخدامها وذلك لأن تخزين الماء يسمح بتفكك الرادون ووليداته كما هو الحال في الشبكات العامة للمياه حيث تخزن المياه لأغراض المعالجة قبل توزيعها إلى المنازل. يدخل الرادون المتحرر من مصادره هذه إلى المنازل ويتأثر بعدة عوامل منها فرق ضغط الهواء بين التربة والمنزل الواقع عليها ووجود تشققات أو فتحات في أساسيات المنزل ومسامية التربة ، ويعتمد تركيز الرادون داخل المنازل على عدة عوامل أهمها التهوية، فكلما زاد معدل التهوية قل تركيز الرادون داخل المنزل. كما يساعد الفرق في درجة الحرارة بين الداخل والخارج إلى زيادة معدل انبعاث الرادون من التربة الواقع عليها المبنى وبذلك يؤدي التغيير في فصول السنة بل وحتى خلال ساعات اليوم الواحد إلى التأثير على تركيز الرادون [6].

يساهم غاز الرادون الناتج من التفكك الإشعاعي الطبيعي للريديم وليدة سلسلة تفكك اليورانيوم-238 بنسبة حوالي 69% من الجرعة الإشعاعية الطبيعية التي يتعرض لها الإنسان (انظر الشكل(1)). يكمن التأثير الإشعاعي للرادون في استنشاق وليدات الرادون الغير غازية والباعثة لجسيمات ألفا ذوات العمر القصير المتمثلة في نظيري البولونيوم (^{214}Po و ^{218}Po) وذلك لأن الرادون كغاز يمكن أن يستنشق ويخرج من الرئتين أثناء عملية التنفس.



الشكل (1) مصادر الخلفية الإشعاعية الطبيعية ودور الرادون فيها.

المخاطر الصحية للرادون:

لقد كانت بداية التعرف على الآثار الصحية الناجمة عن التعرض للرادون عندما لوحظ ارتفاع نسبة المصابين بسرطان الرئة بين عمال المناجم ويعزى ذلك إلى استنشاق وليدات الرادون. خطر الرادون على صحة الإنسان كمسبب لسرطان الرئة لم يكن معروفا حتى سنة 1924 بل لم يكن مقبولا حتى فترة الستينات من القرن الماضي، وقد أوضحت الدراسات المكثفة التي

أجريت في الولايات المتحدة الأمريكية على عمال مناجم اليورانيوم بعد نهاية الحرب العالمية إلي وجود الصلة بين زيادة حالات المصابين بسرطان الرئة من عمال مناجم اليورانيوم ومستوى التعرض للرادون ووليداته [7].

أدت نتائج تلك الدراسات التي أظهرت الأثر السلبي للرادون على صحة الإنسان إلي إمكانية تقدير معامل الخطر على الصحة العامة حيث يقدر أن نسبة 6% من حالات الإصابة بسرطان الرئة تعود إلي التعرض للرادون وأن حوالي 5000 - 20000 من الوفيات سنويا بالولايات المتحدة الأمريكية تعزى لنفس السبب [8,9] وإلى اهتمام المختصين بصحة وسلامة الإنسان في مختلف دول العالم بقياسات الرادون بالأماكن المأهولة بالبشر لمعرفة مستويات التعرض بالمنزل واتخاذ الإجراءات الوقائية لحماية عامة الناس من خطر التعرض لمستويات عالية من الرادون إن وجدت.

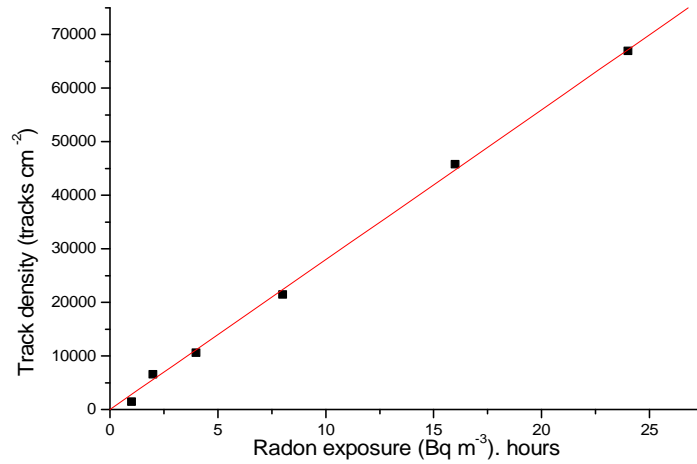
تهدف هذه الورقة إلي التعريف بغاز الرادون كمصدر إشعاعي طبيعي وتقدم بعض نتائج قياسات مستوى الرادون بالمنزل بمدينة طرابلس [10] وذلك باستخدام كواشف الأثر النووي نوع CR-39.

طريقة القياس:

وضعت قطع من الكواشف البلاستيكية ذات أبعاد حوالي (2 سم x 2 سم) بداخل مجرعات وهي عبارة عن حجيرات بلاستيكية* يدخل الهواء إلي داخلها من خلال مصفى ورقي ذو مسامية 80mm بحيث يسمح فقط بدخول الرادون المختلط بالهواء إلي داخل المجرع دون وليداته وبالتالي يكون الأثر النووي المسجل على الكاشف ناتج عن الرادون ووليداته وهم في حالة اتزان بداخل المجرع. وزعت المجرعات على حوالي ثمانين منزل ووضع مجرعات بكل منزل، أحدهما في حجرة المعيشة والأخر بحجرة النوم ولمدة سنة كاملة. جمعت الكواشف بعد انتهاء مدة التعريض وعوملت كيميائيا باستخدام محلول من كلوريد الصوديوم (6N NaOH) عند درجة 70°C ولمدة ثلاث ساعات ونصف لإظهار أثار جسيمات ألفا . عدت الكثافة العددية لأثار جسيمات ألفا باستخدام مجهر ضوئي بتكبير 500 مرة. تراوحت نسبة الخطأ الإحصائي في العد ما بين 5-9%. لتحويل الكثافة العددية ($\text{tracks}/\text{cm}^2$) لأثار ألفا إلي ما يعادلها من تركيز للرادون (Bq/m^3) في أماكن القياس تمت معايرة* المجرعات المستخدمة في القياسات باستخدام مصدر للرادون ذو نشاط إشعاعي معلوم للحصول على منحني المعايرة المبين بالشكل (2) الذي يربط العلاقة بين الكثافة العددية ($\text{tracks}/\text{cm}^2$) لأثار ألفا والتعرض للرادون ($\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}$).

* Karlsruhe diffusion chamber

* تمت معايرة الكواشف بمينة الطاقة الذرية السورية.



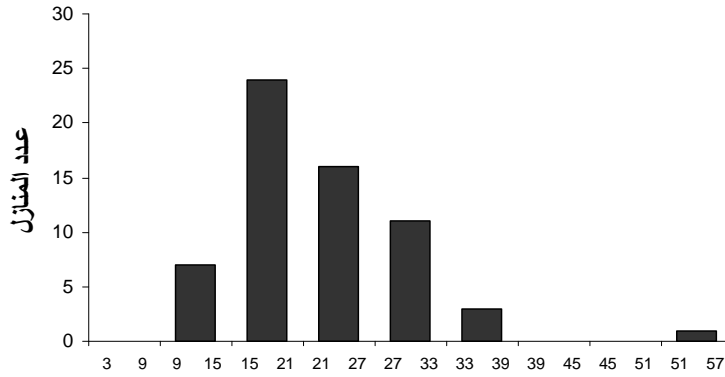
الشكل رقم (2) يمثل منحنى المعايرة الذي يربط العلاقة بين كثافة الأثر والتعرض للرادون.

النتائج والمناقشة:

من التوزيع البياني لتركيز الرادون البين في الشكلين (3) و (4) يمكن ملاحظة أن مدى التركيز يتراوح من 9 Bqm^{-3} إلى 57 Bqm^{-3} بحجرات النوم ومن 3 Bqm^{-3} إلى 45 Bqm^{-3} بحجرات المعيشة وأن متوسط تركيز الرادون يساوي 22.5 Bqm^{-3} في حالة حجرات النوم ويساوي 20.7 Bqm^{-3} في حالة حجرات المعيشة. تظهر النتائج وجود ارتفاع في مستوى الرادون بحجرات النوم مقارنة بحجرات المعيشة، هذا الفرق وإن كان غير معنوي من الناحية الإحصائية إلا أنه متوقع وذلك لأن حجرات النوم عادة ما تكون في أغلب ساعات النهار غير مشغولة بسكان المنزل بينما يتركز تواجد وحركة أفراد العائلة بحجرة المعيشة مما يجعلها أكثر عرضة للتهوية وتجدد الهواء بداخلها. على الرغم من أن العديد من العوامل تؤثر على تركيز الرادون بالمنزل إلا أن عادات السكان وتصميم البناء يعتبران من أهم العوامل ذات العلاقة المباشرة بالتهوية التي تلعب دوراً رئيسياً في خفض مستوى الرادون بالمنزل وهذا ما أكدته النتائج حيث لوحظ من خلال البيانات التي جمعت حول المنازل بمنطقة الدراسة أن القيم العالية نسبياً لمستوى الرادون قد سجلت بالمنازل القديمة والتي تقل فيها التهوية كالمنازل المتلاصقة. إن المستوى المنخفض لتركيز الرادون بالمنازل بمنطقة الدراسة (21.6 Bqm^{-3}) الذي أظهره التوزيع البياني لنتائج القياسات (انظر الشكل (5)) يؤكد أن الرادون لا يشكل خطراً على صحة الإنسان بمنطقة الدراسة وأن عدم وجود فارق معنوي بين مستوى الرادون بحجرات النوم وحجرات المعيشة دليل على أن المنازل بمنطقة الدراسة في طرابلس

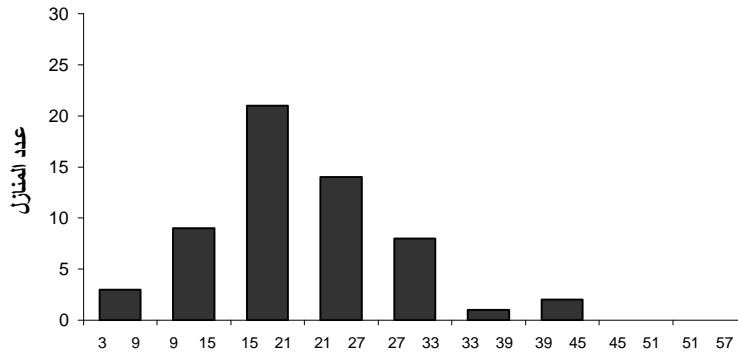
تحضى بالتهوية الكافية وهذا يرجع إلى ما تتمتع به منطقة حوض البحر المتوسط من طقس جيد على مدار فصول السنة تقريبا.

على الرغم من المستوى المنخفض لتركيز غاز الرادون في المنازل بمنطقة الدراسة مقارنة بنتائج الدراسات المنشورة في العديد من دول العالم نؤكد على أهمية التوسع في إجراء القياسات على نطاق أوسع لمعرفة مدى تركيز الرادون بالبيئة المحلية خاصة بالأماكن المأهولة بالسكان وذلك لاختلاف مستوى الرادون من مكان إلى آخر وفقا لاختلاف تركيز مصادره بالقشرة الأرضية وتأثره بالعديد من العوامل الأخرى.



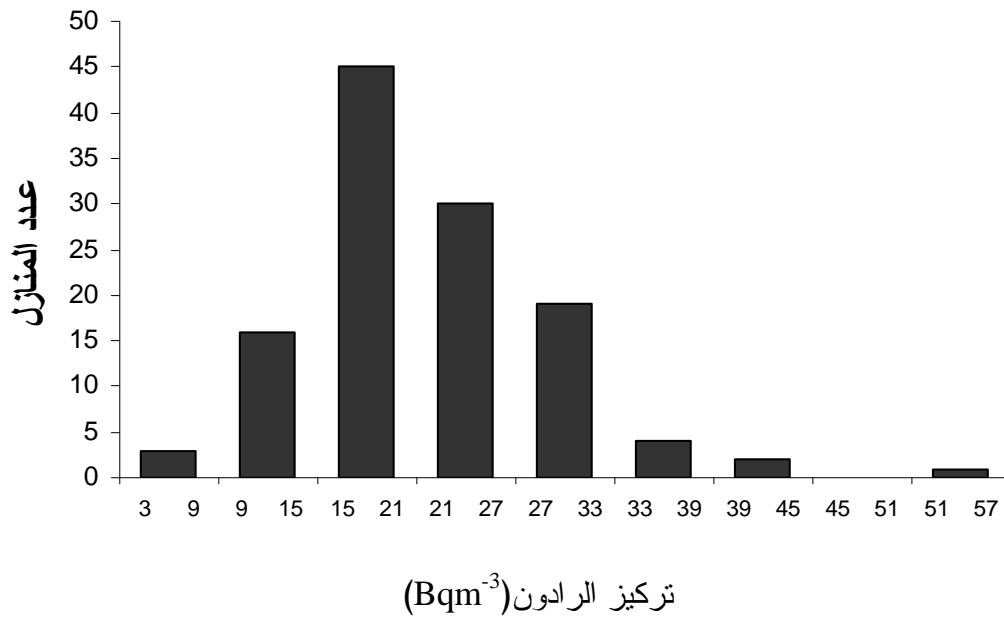
تركيز الرادون (Bq m⁻³)

الشكل (3) التوزيع البياني لتركيز غاز الرادون بحجرات النوم بالمنازل (متوسط تركيز الرادون 22.5 Bqm⁻³).



تركيز الرادون (Bq m⁻³)

الشكل (4) التوزيع البياني لتركيز غاز الرادون بحجرات المعيشة بالمنازل (متوسط التركيز 20.7 Bqm⁻³)



الشكل (5) التوزيع البياني لتركيز غاز الرادون بالمنازل (متوسط التركيز 21.6 Bqm^{-3}).

المراجع:

- 1- Evans R. D. (1969), Engineering guide to the elementary behavior of radon daughters. Hlth. Phys., 17, 229-252
- 2- National council of Radiation Protection & Measurements (NCRP 1984), Exposures from the Uranium series with emphasis on radon and its daughters, NCRP report No.77 (Bethesda, MD: NCRP).
- 3- Fremlin J. H. and Abujarad (1980). Alpha-emitters in the environment I: National sources. Nucl. Instrum. Meth. 137, 197-200.
- 4- Ball T. K., Cameron D. G., Colman T. B. and Roberts P. D. (1991), Behaviour of radon in the geological environment: a review. Quarterly J. Engineering Geology, 24, 169-182.
- 5- National council of Radiation Protection & Measurements (NCRP 1984), Evaluation of occupational and environmental exposures to radon and radon daughters in United States, NCRP report No. 78 (Bethesda, MD: NCRP).
- 6- Miles J. C. H., and Algar (1988), J. Radiol. Prot., 8, 103-105.
- 7- Holaday D. A. (1969), History of the exposure of miners to radon. Health Phys., 16, 547.
- 8- Green B. M. R., Lomas P. R. and O'Riordan M. C. (1992), National Radiological Protection Board, NRPB-R254, HMSO, London.
- 9- United Nation Scientific Committee on the effect of atomic radiation, (1977), Report to the General Assembly with Annexes, New York, United Nations.
- 10- Abdusalam M. Gassia. (2003), M. Sc. Thesis, Alfatah University.

