Indoor Radon Survey in Dwellings of Nine Cities in the Eastern and Western Provinces of Saudi Arabia

M.I. AL-JARALLAH, F. ABU-JARAD, FAZAL-UR-REHMAN, A. AL-SHUKRI
Department of Physics, King Fahd University of Petroleum & Minerals. Dhahran - Saudi Arabia
E-mail: mibrahim@kfupm.edu.sa

ABSTRACT. The results of indoor radon survey in a total of 847 dwellings and schools distributed in nine cities of the Eastern and the Western provinces of Saudi Arabia will be presented. The objectives of this radon survey were to obtain representative radon data of seven cities in the Eastern Province, Khafji, Hafr Al-Batin, Abqaiq, Qatif, Al-Ahsa, Dammam and Al-Khobar and to compare this with two cities in Western Province, Madinah and Taif. This radon survey provides a base line for Saudi Arabia in the Radon World Atlas. The other objectives were to make an estimation of excess Lung cancer among the population of the cities due to radon and to determine the relation, if any, between indoor radon concentration and the geological location. A total of 1610 nuclear track radiometers were distributed and placed for a period of one year starting from May 2001 to May 2002. The results of the survey in the cities showed that the overall minimum, maximum and average radon concentrations were 1, 137 and 22 Bq/m^3 respectively. Geometric mean and geometric standard deviation of the radon distribution were found to be 18 and 1.92, respectively. In one of the dwellings in Qatif city, radon concentration measured by the passive system and then confirmed by an active system was found to be 535 ± 23 and 523 ± 22 Bq/m^3 respectively. The indoor radon concentrations in all the rooms of this dwelling were measured together with the radon exhalation rates from the walls and floors of the dwelling to identify the reasons for the high indoor radon concentrations and to suggest a solution to this problem. The average radon concentration for each city was also determined. The lowest radon concentration (8 Bq/m^3) was found in Al Ahsa while the highest average concentration (39 Bq/m^3) was found in Khafji. The estimated lung cancer cases in the population of the survey cities (total population 3,718,000) were 123 per year.

[3] Lubin and Boice "Lung Cancer Risk from Residential Radon: Meta Analysis of Eight Epidemiologic Stndies" Jonrnal of National Cancer Institnte, 89-49-57, 1997.

[4] Richard Doll "Risk from Radon" Radiation Protection Dosimetry, Vol. 42, No.3 pp 149-153, 1992.

[5] Snihs "Swedish Radon Programme" Radiation Protection Dosimetry, Vol. 42, No.3 pp.177-184, 1992.

[٦] محمد ابرهيم الجارالله "الأ شعاع الذري: مصادره، استخداماته، مخـــاطره ، وطــرق الوقاية منه" مكتبة العبيكان، ١٩٩٥.

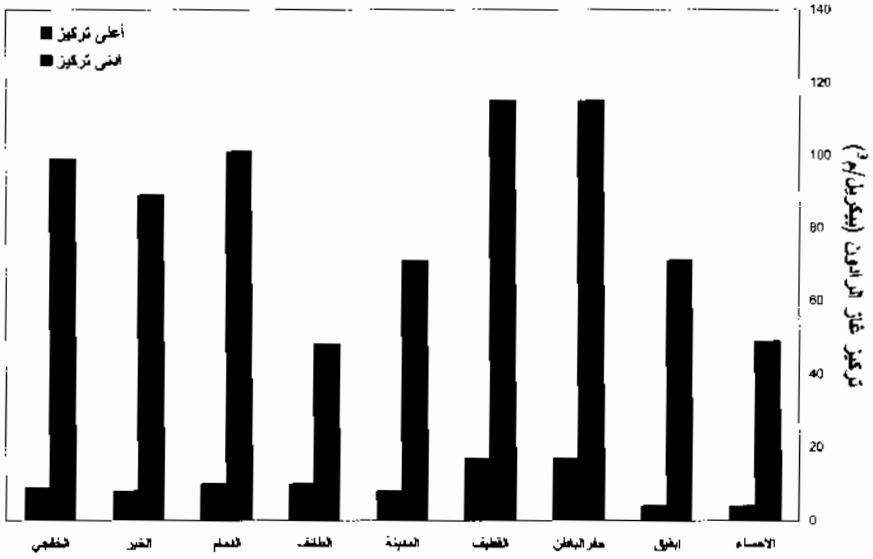
[7] Al-Jarallah, Fazal-ur-Rehman, Abu-Jarad and Al-Shukri "Indoor Radon Measurements in Dwellings of Four Saudi Arabian cities" Radiation Measurements, 36, pp.445-448, 2003.

[8] Durrani and Ilie "Radon Measurements by Etched Traek Dctectors" World Scientific, 1997.

[9] Al-Jarallah, M.I. "Radon Exhalation from Granite used in Saudi Arabia" J. Environmental Radioactivity, 53 pp. 91-98, 2001.

[10] Al-Jarallah, Abu-Jarad and Fazal-ur-Rehman "Determination of Radon Exhalation Ratcs from Tilcs using Active and Passive Techniques" Radiation Measurements, 34, pp. 491-495, 2001.

[11] IAEA "Radiation Protection against Radon in workplaces other than Mines" safety rcports serics, No.33, 2003.



شكل (٥) : التفاوت في تركيز الرادون المقاس في مساكن كل مدينة على حدة.

الخـــــاتمـــــة

تم قياس تركيز الرادون في تسع مدن من المملكة العربية السعودية ، سـبعة منهـا فـي المنطقة الشرقية ومدينتان بالمنطقة الغربية وكان معدل تركيز الرادون متفـاوت بـين ٨ و ٣٩ بيكريل/ م^{٣} بينما كان معدل تركيز الرادون في جميع المساكن والمدارس هـو ٢٢ بيكريـل/ م^{٣} وهو أقل بكثير من الحد الدولي المعتاد لتركيز الرادون البالغ ٢٠٠بيكريل / م^{٣}.

وقد وجد مسكن واحد في مدينة القطيف يبلغ التركيز فيه ٥٣٥ بيكريـل/ م^{٣} ويعتقـد إن السبب في هذا التركيز المرتفع هو تسرب الرادون من باطن أرض المنزل إلـى الـداخل عـن طريق الأرضيات الخرسانية غير المحكمة .

شـــــــــكر

يود الباحثون شكر جامعة الملك فهد للبترول والمعادن وشركة سابك على تمويل مشروع البحث رقم ١٤ / ٢٠٠٠ SABIC .

المصـــــــــادر

[1] United Nations Environmental Program "Radiation Doses, Effects, Risks" Blackwell Publishers, 1991.

[2] Bodonsky, Robbin and Stadler "Indoor Radon and its Hazards" University of Washington Press, 1987

جدول (١): تقدير حالات سرطان الرئة السنوية في المدن نتيجة غاز الرادون

المدينة	الإحساء	أبقيق	حفر الباطن	القطيف	المدينة	الطائف	الدمام	الخبر	الخفجي
عدد السكان	٧٢٤٢٢٦	٥١٢١٩	٢٢٤١٦	١٦١٠٨٧	٨٠٤٦٣٤	٦٨٥٩٨٩	٧٦٦٢٢٥	٢٢١٥٣٠	٨٠٧٧٩
معدل تركيز الرادون (بيكريل/ م^{٣})	٨	١٤	٢١	٢٢	٢٥	٢٥	٢٩	٣٠	٣٩
حالات السرطان	٨	١	٧	٥	٢٩	٢٦	٣٢	١٠	٥

الشكل (٥) يوضح التفاوت في تركيز الرادون المقاس في مساكن كل مدينة على حـــده ، حيث سجل في مساكن القطيف أدنى وأعلى تركيز لغاز الرادون في جميع مساكن المدن (١ و ١٣٧ بيكريل / م^{٣}).

وبالنسبة لمخاطر الإصابة بسرطان الرئة بسبب غاز الرادون فيقـدر بـــ ٢، ٣ ×١٠$^{-٥}$ للفرد بالسنة (أو ٣٢ بالمليون بالسنة) وهذا الاحتمال يعتبر قليل جداً مقارنة بما عليه الحال في البلدان التي تعاني من التراكيز المرتفعة للرادون في مساكنها مثل السويد .

ويأمل الباحثون استكمال إجراء المسح الإشعاعي لتركيز غاز الرادون لبقية مدن المملكة العربية السعودية لاحقاً من أجل تقدير المخاطر ، واقتراح الحلول عند اكتشاف تراكيـــز عاليـــة لغاز الرادون . وستركز الدراسة القادمة بإذن الله في بادئ الأمر على المدن التي يحتمل وجـــود تراكيز مرتفعة للرادون في مساكنها نتيجة طبيعتها الجيولوجية ، ثم التوسع في الدراسة لتـــشمل جميع المدن الرئيسة في البلاد.

وجدنا أن تراكيز غاز الرادون في جميع غرف هذا المسكن مرتفعة نسبياً حيث كان معدله في غرف الطابق الأرضي ٢٠٨ بيكريل/م^{٣} في حين كان معدله في غرف الطابق الأول هو ١٥٨ بيكريل/م^{٣} . أما تركيز الرادون في مجلس الضيوف الكائن في الطابق الأرضي فقد كان ٣٠٢ بيكريل/م^{٣} . ويبدو أن صاحب المنزل أخذ بنصيحتنا بتهوية المجلس قبل الاستخدام ولهذا انخفض تركيز الرادون عن القياس الأول . ولمعرفة أسباب ارتفاع تركيز غاز الرادون في هذا المسكن قمنا بقياس معدل تحرر غاز الرادون من الجدران والأرضيات الإسمنتيه داخل المسكن باستخدام تقنية الحاوي[10] حيث بلغ ٠,٦ بيكريل/م^{٢} × ساعة ، ولا يمكن لهذا التحرر من إحداث هذا المعدل المرتفع لغاز الرادون في هذا المسكن ، لذا كان التبرير هو تسرب الرادون من باطن الأرض إلى داخل المنزل عن طريق الفجوات الموجودة بين الأرضيات الإسمنتية والجدران والتي جعلتها غير محكمة. أضف إلى ذلك أن نوافذ وأبواب المسكن محكمة الإغلاق لذا فإن هذا التسرب والتحرر يؤدي إلى تراكم غاز الرادون مؤدياً إلى ارتفاع تركيزه . وحل هذه المشكلة يكمن بالتهوية المستمرة للغرف المستخدمة وسد الفجوات والشقوق في الأرضيات لتخفيف تركيز غاز الرادون فيها .

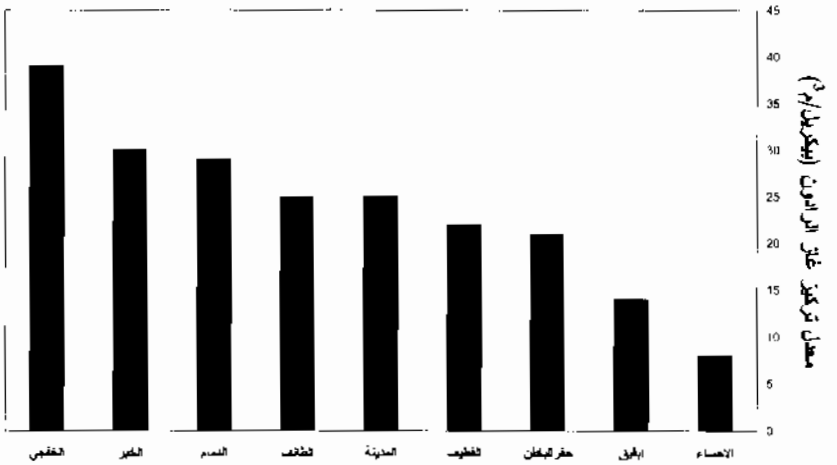
تقدير مخاطر الإصابة بسرطان الرئة

إن الخطر الرئيس لغاز الرادون يكمن باحتمال الإصابة بسرطان الرئة كما أسلفنا ، لهذا وضعت الهيئة الدولية للحماية الإشعاعية طريقة حسابية لتقدير هذا الخطر من معدل تركيز غاز الرادون في المساكن وتقدير تركيز غاز الرادون خارج المساكن بربع تركيزه داخلها حيث يقدر عدد الساعات التي يقضيها الفرد داخل المباني ٧٠٠٠ ساعة بالسنة في حين يقضي ١٧٦٠ ساعة بالسنة خارج المباني . ومن معرفة تعداد السكان في المدن التسع الذي حصلنا عليه من مصلحة الإحصاءات العامة بوزارة المالية والبالغ حوالي ٣,٨١٧,٠٠٠ نسمة حسب إحصاء عام ١٤٢٣هـ ، وباستخدام معدل التركيز العام للرادون في مساكن المدن التسع والبالغ ٢٢ بيكريل/م^{٣} وجد أن حالات سرطان الرئة المحتملة سنوياً نتيجة غاز الرادون هي ١٢٣ حالة.

وقد تم تقدير تلك الحالات السنوية لسرطان الرئة من حساب الجرعة الإشعاعية لغاز الرادون وولائده ، حيث تقدر الجرعة الإشعاعية المؤثرة لتركيز ١ بيكريل/ م^{٣} من الرادون لمدة ساعة بـ ٣,٢ نانو سيفرت على افتراض معامل توازن الرادون وولائده مقداره ٤ ، ٠[11].

جدول (١) يوضح تقدير حدوث حالات سرطان الرئة في المدن المختلفة حسب عدد سكانها وتركيز الرادون في مساكنها .

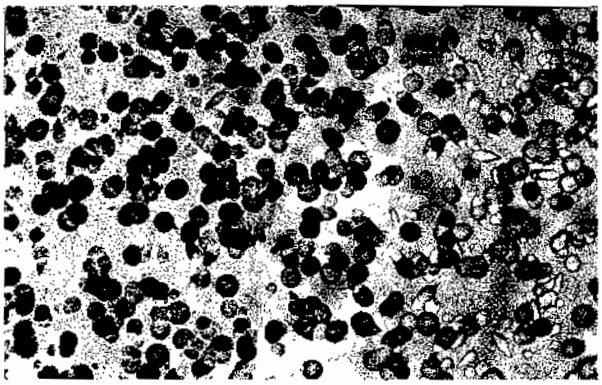
شكل (٤) البياني يوضح معدل تركيز الرادون في كل مدينة من الأدنى إلى الأعلى حيث أن أقل معدل لتركيز الرادون وجد في مدينة الأحساء حيث بلغ ٨ بيكريل / م^3 في حين كان أعلى تركيز للرادون في الخفجي وهو ٣٩ بيكريل / م^3 . ومن المعلوم أن المصدر الرئيس للرادون في المساكن هو الأرض بما تحتويه من خام اليورانيوم ، كما أن لمواد البناء مشاركة رئيسة في ذلك بما تحتويه من اليورانيوم الطبيعي أيضاً . ولمعرفة الارتفاع النسبي لتركيز غاز الرادون في مدينة الخفجي لابد من إجراء دراسة أخرى لهذا الغرض ، وعلى كل حال فإن تركيز الرادون في جميع المساكن كان أقل من الحد الدولي المعتاد لتركيز الرادون البالغ ٢٠٠ بيكريل / م^3[8].



شكل (٤) : معدل تركيز الرادون في كل مدينة مرتب من الأدنى إلى الأعلى.

التركيز المرتفع للرادون في أحد مساكن القطيف :

لقد وجد مسكن واحد في القطيف بلغ تركيز الرادون فيه ٥٣٥ بيكريل/م^3 وهذا التركيز أعلى بكثير من معدل تركيز الرادون في هذه المدينة والبالغ ٢٢ بيكريل/م^3 ، كما يزيد كثيراً عن أعلى تركيز وجد في هذه المدينة البالغ ١٣٧ بيكريل/م^3 وهو أعلى من الحد الدولي المعتاد لتركيز غاز الرادون البالغ ٢٠٠ بيكريل/م^3 . لهذا قررنا إجراء دراسة أخرى لتركيز الرادون في هذا البيت للتأكد من النتيجة الأولى وقد وجدنا تعاوناً من صاحب المسكن في هذا المجال ، وتبين لنا أن الكاشف وضع في غرفة ضيوف مغلقة في معظم الأحيان . وقمنا بقياس تركيز الرادون في نفس الغرفة بطريقة أخرى مباشرة لمدة ٢٣ ساعة باستخدام جهاز إلكتروني حديث من نوع Alpha GUARD 2000 PRQ [9] ووجدنا أن معدل تركيز الرادون خلال اليوم هو ٥٢٣ بيكريل/م^3 وهو مماثل للقياس الأول بحدود الخطأ التجريبي في القياسين . لهذا قررنا إجراء دراسة مستفيضة لجميع غرف هذا المسكن لمعرفة أسباب ارتفاع تركيز الرادون فيها . وقد

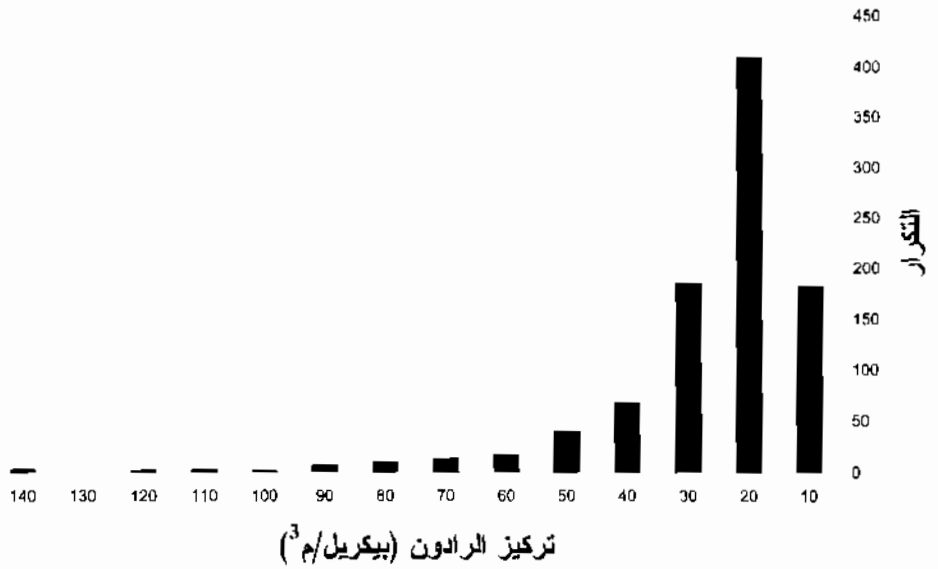


شكل(٢): آثار جسيمات ألفا (مكبرة) كما تبدو على الكواشف البلاستيكية بعد المعالجة الكيميائية لها.

النتائج والمناقشة

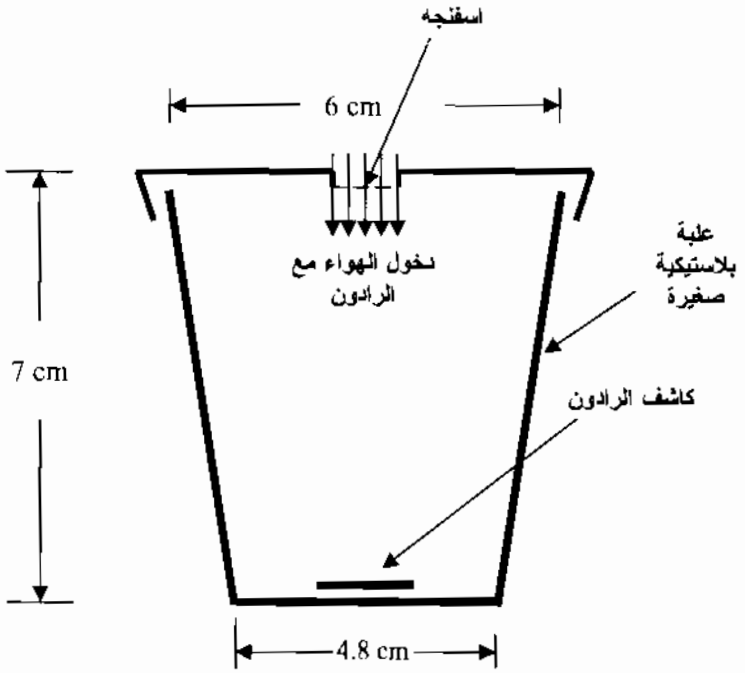
يظهر الشكل (٣) توزيع تركيز الرادون في مساكن جميع المدن التي شملتها الدراسة. وهذا الشكل من التوزيع هو المعتاد في مثل هذه الدراسات حيث تراوح تركيز غاز الرادون بين ١ و ١٣٧ بيكريل / م^3 بمعدل عام مقداره ٢٢ بيكريل / م^3 . وكان تركيز الرادون في معظم المساكن يقل عن ٤٠ بيكريل / م^3 علماً أن حدود تركيز الرادون المتبنى من قبل كثير من الدول هي ٢٠٠ بيكريل / م^3 ، في حين أن الهيئة الدولية للحماية الإشعاعية (ICRP) أوصت باتخاذ حد لمعالجة تركيز الرادون يتراوح بين ٢٠٠ و ٦٠٠ بيكريل / م^3[8].

وقد وجد مسكن واحد في القطيف كان تركيز الرادون فيه مرتفعاً جداً وسنتحدث عنه لاحقاً . ومن المفيد الإشارة إلى أن دقة القراءات المقاسة هي بحدود ١٠ % إلى ٢٠ % .



شكل(٣): توزيع تركيز الرادون في ٧٢٤ مسكن في المدن التسع التي شملها البحث.

لقد تمت الاستعانة بإدارات التعليم (بنين وبنات) وإدارات الشئون الصحية بالمدن المختلفة للتعريف بأهمية هذه الدراسة لدى منسوبيها وذلك بتوزيع آلاف النسخ من منشور يعرّف بهذه الدراسة، وللحصول على الناس المستعدين لقياس تركيز الرادون في مساكنهم . وبناء على الردود التي وصلتنا تم توزيع ١٦١٠ كاشف لقياس تركيز الرادون في مساكن ومدارس المدن التسع المذكورة آنفاً. وضعت تلك الكواشف مدة سنة كاملة في كل منزل ومدرسة ثم تم تجميع هذه الكواشف . وقد بلغ عدد الكواشف المستلمة ٨٤٧ كاشفاً وبلغ العدد المفقود منها ٧٦٣ أي ٤٧% من الكواشف الموزعة ، ومثل هذا الفقدان للكواشف متوقع في مثل هذه الدراسات الميدانية .



شكل(١): رسم تخطيطي لكاشف الرادون المستخدم في البحث.

بعد استلام كواشف قياس غاز الرادون تمت معالجتها كيميائياً لإظهار آثار جسيمات ألفا التي عليها والتي يطلقها غاز الرادون وولائده عند تحللهما الإشعاعي (شكل ٢) وقد استخدم لهذا الغرض محلول هيدروكسيد البوتاسيوم بتركيز ٣٠% عند درجة حرارة ٧٠ ْم لمدة تسع ساعات متواصلة ، ومن حساب كثافة هذه الآثار في وحدة المساحة تم حساب معدل تركيز غاز الرادون في كل مسكن ومدرسة في المدن المختلفة .

إن تقرير مخاطر الإصابة بسرطان الرئة بسبب استنشاق الرادون ومشتقاته ، مبنية على دراسة ظهور هذا السرطان في عمال مناجم اليورانيوم في كل من كندا والولايات المتحدة الأمريكية وتشكوسلوفاكيا وعمال مناجم الحديد في السويد ، وفي غيرها من المناجم نظراً لارتفاع تركيزات الرادون فيها . ولم يكن يعتقد حتى قبل ثلاث عقود من الزمان أن الرادون يشكل خطراً على الصحة في الأماكن الأخرى البعيدة عن المناجم لقلة تركيزه فيها ، ولكن اكتشف بعدها أن تركيزات الرادون في بعض البيوت تتفاوت بمقدار مئة ضعف على الأقل تبعاً لتركيبها وموقعها[1,2,7]. وهذا يعني أن التركيزات العالية منه في بعض المساكن مقاربة لتركيزاته في المناجم حيث ثبت تسببه في إحداث سرطان الرئة . واستناداً إلى دراسة حديثة أجريت عام ١٩٩٧م[3]، شملت تحليل نتائج ميدانية في كل من كندا والصين وفنلندا والسويد لنحو ٤٢٦٣ من المصابين بسرطان الرئة و٦٦١٢ من الأصحاء ، وجد أن احتمال الإصابة بسرطان الرئة يزداد بمقدار ١٤% إذا عاش الإنسان ٣٠ سنة في مسكن يبلغ تركيز الرادون فيه ١٥٠ بيكريل / م^{٣} أو أكثر . وهذه النتيجة مقاربة جداً لما وجد عند عمال المناجم حيث تقدر الخطورة بـ ١٣% . وقد قدرت الهيئة البريطانية الإشعاعية مساهمة غاز الرادون في حوادث الإصابة بسرطان الرئة في المملكة المتحدة بـ ٦%[4]، وهذا يعادل ٢٠٠٠ حالة وفاة سنوياً من مجموع الحالات البالغة ٤٠٠٠٠ حالة . أما في السويد ، التي تعاني من مشكلة التركيزات العالية للرادون في مساكنها ، فتقدر مساهمة الرادون في الإصابة بسرطان الرئة بـ ٣٠% من عدد الإصابات السنوية البالغة ٣٠٠٠ حالة . بالرغم من أن عدد سكان السويد هو ٨,٤ مليون نسمة فقط[5].

طريقة القياس والأدوات

إن كاشف الرادون المستخدم يتكون من قطعة بلاستيكية صغيرة (١,٥ سم × ١,٥ سم) من نوع CR-39 حساسة لجسيمات ألفا التي يطلقها غاز الرادون وولائده ملصقة داخل علبة بلاستيكية صغيرة كما هو موضح في الشكل (١).

قد تم إيجاد معامل المعايرة لهذه الكواشف غير المباشرة من تعريض ثلاثين كاشفاً إلى ثلاث جرع إشعاعية متباينة ومعلومة في مختبر المعايرة التابع للمجلس الوطني البريطاني للحماية من الإشعاع ثم قراءتها في مختبر كواشف الآثار النووية بقسم الفيزياء بجامعة الملك فهد للبترول والمعادن . وقد وجد أن معامل المعايرة هو ١ كيلوبيكريل × ساعة / م^{٣} = ٨ آثار / سم^{٢} (شكل ٢).

مقـدمـــة

الرادون غاز مشع عديم اللون والطعم والرائحة ، ويعد من مصادر الإشعاع الذري الطبيعـي ، الذي يتولد في سلسلة تحلل اليورانيوم - ٢٣٨. وينفرد بكونه المعدن الوحيد الذي يوجد في حالة غازية. و يشكل هو و ولائده حوالي نصف الجرعة الإشعاعية المكافئة التي يتعرض لها عمـوم الناس من المصادر الطبيعية مجتمعه .

المصدر الرئيسي للرادون ٢٢٢ في الجو هو تربة الأرض وصخورها القريبة من السطح، حيث يشكل الرادون المتولد نتيجة التحلل الإشعاعي لليورانيوم ٢٣٨ ما نسبته ٨٠% على الأقل من غاز الرادون. والمصدر الثاني في الأهمية هو الرادون المذاب في المياه الجوفيـة . أمـا المصدر الثالث لغاز الرادون فيتمثل في مواد البناء المستخدمة في المساكن التي تطلـق غـاز الرادون نتيجة التحلل الإشعاعي للراديوم الذي تحتويه ، لذا فهو يختلف بشكل كبير من منطقـة إلى أخرى[6] .

مكمـن الخطـورة في الرادون

إن التعرض للإشعاع الذري بمختلف مستوياته أمر غير مرغوب فيه ، بعـد أن ثبـت أن التعرض للجرعات المرتفعة منه لها تأثيرات مضرة . وقد طرأ حديثاً اهتمام ملحوظ بدراسـة التعرض للجرعات المنخفضة من الإشعاع الذري الصادر من النظائر الطبيعية المشعة (خاصـة اليورانيوم ٢٣٨ والثوريوم ٢٣٢ والبوتاسيوم ٤٠). من المعلوم أن التعرض الخارجي للإشعاع الذري يشكل حوالي نصف معدل الجرعة السنوية الطبيعية التي يتعرض لها جسم الإنسان مـن المصادر المختلفة[1]. وقد وجد أن النظائر الطبيعية المشعة خاصة المذكورة آنفاً موجودة فـي مواد البناء، وبذلك تشكل هذه المواد جزءاً من الوسط الإشعاعي الذي نعيش فيه. وبالرغم مـن اكتشاف الرادون في بداية هذا القرن، فإن علاقته بإصابة عمال المناجم بسرطان الرئة لم تحـدد إلا في نهاية الستينات[5,7]. ومما لا شك فيه حالياً أن الرادون هو أحد مصادر الإصابة بسرطان الرئـة، حيث ثبت أن التعرض الطويل للتركيزات المرتفعة منه يمكن أن يؤدي إلـى سـرطان الرئة [2,6,7]. وهناك الملايين من المساكن والمباني في العالم التي تحوي تركيزات مرتفعة من هذا الغاز لا يعلم عنها أصحابها . لذلك تبذل دول العالم المتقدم صناعياً مثل أمريكا وبريطانيـا وألمانيا والسويد ، جهوداً حثيثة في بلدانها بهدف تحديد المساكن والمباني ذات التركيزات العالية من الرادون ووضع الحلول الفاعلة لمعالجة المشكلة .

المؤتمر السعودي الثاني للعلوم، كلية العلوم، ٢٤-١٤٢٥/١/٢٦هـ ، **الجزء الثاني** ، ص ص١-١١ (٢٠٠٥م / ١٤٢٥هـ)

تركيز غاز الرادون المشع في تسع مدن في المملكة العربية السعودية

محمد بن إبراهيم الجارالله ، فلاح أبو جراد ، فضل الرحمن ، علي بن محمد الشكري

جامعة الملك فهد للبترول والمعادن- صندوق بريد رقم ٧٧ – الظهران - ٣١٢٦١

بريد الكتروني: mibrahim@kfupm.edu.sa

المستخلص. هذه نتائج المرحلة الأولى لقياس تركيز غاز الرادون في مساكن ومدارس مدن المملكة العربية السعودية حيث تم توزيع ١٦١٠ كاشفاً في مساكن ومدارس تسع مدن : سبعه منها تقع في المنطقة الشرقية وهي الخفجي وحفر الباطن وابقيق والقطيف والاحساء والدمام والخبر، ومدينتان تقع في المنطقة الغربية وهي المدينة المنورة والطائف. وكان معدل توزيع الكواشف ٢٠٠ كاشفاً في كل مدينة تقريباً. وضعت الكواشف في المساكن والمدارس مدة سنة واحدة في الفترة من ٢٠٠١/٥م إلى ٢٠٠٢/٥م، وكان مجموع الكواشف التي تم تجميعها ٨٤٧. أشتمل القياس ٧٢٤ مسكناً و ٩٨ مدرسة. وكان المعدل العام وأقل وأكبر تركيز للرادون هي على النحو التالي: ٢٢ و ١ و ١٣٧ بيكريل / م^3 . وكان معدل وأقل وأكثر تركيز لغاز الرادون في المدارس كما يلي: ١٩ و ١ و ٧٠ بيكريل / م^3 . تم حساب معدل تركيز غاز الرادون في كل مدينة فكان أقل تركيز في مدينة الاحساء (٨ بيكريل/ م^3) وأعلى تركيز في مدينة الخفجي (٤٠ بيكريل/ م^3) .