



جامعة دمشق



AECS
هيئة الطاقة الذرية السورية

ماجستير الوقاية الإشعاعية وأمان المصادر المشعة
Master's degree on Radiation Protection and Safety of Radiation Sources

قياس التعرضات الإشعاعية الناتجة عن التوضعات الفوسفاتية
في المنطقة الساحلية
**Radiation Risk (Dose) Assessment due to Phosphate
Deposits in the Coastal Area**

دراسة أعدت لنيل درجة الماجستير في الوقاية الإشعاعية وأمان المصادر المشعة
جامعة دمشق - كلية العلوم - قسم الفيزياء

إعداد

زنان علي طنجور

إشراف

د. رياض شويكاتي
هيئة الطاقة الذرية السورية

أ.د. محمد الكوسا
جامعة دمشق

2010-2009م

تسمية أعضاء لجنة الحكم

بناء على قرار مجلس البحث العلمي والدراسات العليا في جامعة دمشق رقم /551/ المتخذ بالجلسه رقم /8/ تاريخ 2010/1/11 القاضي بتشكيل لجنة الحكم على رسالة الماجستير في قسم الفيزياء بعنوان:

/قياس التعرضات الاشعاعية الناتجة عن التوضعات الفوسفاتية في المنطقة الساحلية/

التي أعتها الطالبة / زنان علي طنجور/ بكلية العلوم للحصول على درجة الماجستير بإشراف الأستاذ الدكتور /محمد الكوسا/ مشرفاً رئيسياً من جامعة دمشق ومشاركة الدكتور /رياض شويكاني/ من هيئة الطاقة الذرية السورية. والمؤلفة من السادة الأساتذة:

د. محمد سعيد محاسنة	الأستاذ في قسم الفيزياء	كلية العلوم - عضواً
جامعة دمشق		الاختصاص: أنصاف النواقل
التوقيع.....		
د. محمد الكوسا	الأستاذ في قسم الفيزياء	كلية العلوم - عضواً
مشرفاً		
جامعة دمشق		الاختصاص: فيزياء الليزر
التوقيع.....		
د. محمد سعيد المصري		الباحث في هيئة الطاقة الذرية
عضواً		
هيئة الطاقة الذرية		الاختصاص: كيمياء اشعاعية
التوقيع.....		

وقد تمت مناقشة الرسالة في يوم الأربعاء الموافق 2010/1/20 وقد قام باجراء التعديلات والتصحيحات المطلوبة منه من قبل لجنة الحكم وتم إجازتها.

الجمهورية العربية السورية
جامعة دمشق
كلية العلوم

تعهد

انا الموقعة أدناه /زنان علي طنجور/ اتعهد بأن البحث الذي تم انجازه هو نتيجة بحث علمي قمت به في هيئة الطاقة الذرية السورية وجامعة دمشق -كلية العلوم- قسم الفيزياء بإشراف الدكتور محمد الكوسا والدكتور رياض شويكاني، واي رجوع إلى بحث آخر في هذا الموضوع موثق في النص ولم أستخدم هذا البحث في أي مكان للحصول على مكافئة مالية أو درجة علمية.

الباحثة
زنان علي طنجور

الحمد والشكر لله سبحانه وتعالى

شكر وعرافان

لايسعني بعد إتمام هذا العمل إلا أن أتوجه بكلمات لاتفي صاحب الحق حقه ولا تكافئ ماتقدم به كل من ساهم بهذا العمل.

بداية أتوجه بالشكر الجزيل إلى جامعة دمشق وهيئة الطاقة الذرية السورية على إتاحة هذه الفرصة لي من أجل التقدم في تأهيلي العلمي.

عظيم الشكر والامتنان إلى الدكتور رياض شويكاني المشرف على هذه الرسالة من قبل هيئة الطاقة الذرية السورية على الدعم الكبير والمؤازرة الحثيثة طوال عملي في هذه الدراسة. جزيل الشكر إلى الأستاذ الدكتور محمد كوسا المشرف على هذه الرسالة من قبل جامعة دمشق على دعمه وتعاونيه في انجاز هذا العمل.

الشكر الكبير إلى الزملاء في قسم الوقاية والأمان في هيئة الطاقة الذرية السورية على ماقدموه من كبير المساعدة في العمل الميداني والمخبري، وأخص بالذكر السيد باسم الجربي مشكوراً وكل من السادة- محمد حشري - غسان رجا-خالد الطايل - معتز سيروان -أحمد مريود على كل ماقدموه من جهد ومساعدة.

وأخيراً أتقدم بالشكر الجزيل إلى كل من ساهم بأي مجهود في سبيل إتمام وإنجاح هذا العمل.

.....الفهرس.....

الصفحة	المحتويات
1	ملخص
3	الفصل الأول: الإشعاع والرادون
4	1.1. مقدمة
4	2.1. الرادون 222
7	3.1. مصادر الرادون
8	1.3.1. التربة والصخور
8	2.3.1. الماء
10	3.3.1. مواد البناء
11	4.1. غاز الرادون في المنازل
13	5.1. الرادون والدخان
13	6.1. وحدات قياس غاز الرادون
14	1.6.1. مستوى العمل
14	2.6.1. معامل التوازن
16	7.1. حدود الإجراء العلاجي
16	8.1. طرائق قياس غاز الرادون ونواتج تفككه
16	1.8.1. طريقة التألق (خلية لوكس)
17	2.8.1. الطريقة التكاملية
17	9.1. الخطر الصحي للرادون
21	10.1. العلاقة بين التركيز والتعرض والجرعة
22	الفصل الثاني: الفوسفات ودراسات مرجعية
23	1.2. مقدمة
23	2.2. الفوسفات
24	3.2. التوزيع الجغرافي للتوضعات الفوسفاتية في سورية
24	2.4. محتوى الفوسفات من اليورانسيوم
26	5.2. التأثيرات البيئية والإشعاعية
26	6.2. دراسات مرجعية الفوسفات في المنطقة الساحلية
28	7.2. دراسات مرجعية حول منطقة عين ليلون

29	الفصل الثالث: القسم العملي
30	1.3.1. اختيار منطقة الدراسة
31	2.3.2. القياسات الحقلية في منطقة الدراسة
31	1.2.3. قياس الرادون في المنازل باستخدام كواشف CR-39
35	2.2.3. قياس منتجات تفكك الرادون في الهواء بالطريقة الآتية (خلية لوكس)
38	3.2.3. قياس الرادون في الماء بالطريقة الآتية (خلية لوكس)
40	4.2.3. قياسات غاما في المنازل
41	5.2.3. قياس الإحداثيات المكانية
41	6.2.3. جمع عينات التربة والماء
41	1.6.2.3. الأجهزة المستخدمة في تحليل عينات التربة والماء
42	3.3. طرائق التحليل المستخدمة
42	1.3.3. الإختبارات الإحصائية الفرضية (توزع استيودنت)
42	2.3.3. البرنامج الحاسوبي Resrad
45	3.4.3. البرنامج الجيولوجي Surver8
46	الفصل الرابع: النتائج والمناقشة
47	1.4. معايرة الكواشف
47	2.4. تركيز غاز الرادون في المنازل
48	1.2.4. تركيز غاز الرادون حسب المنطقة
55	2.2.4. دراسة تأثير الإرتفاع الطابقي
56	3.2.4. دراسة تأثير مادة البناء
58	3.4. نتائج قياس بنات الرادون بالطريقة الآتية
59	4.4. قياس غاما في المنازل
59	5.4. نتائج عينات التربة والمياه
65	6.4. قياس الرادون في الماء
68	7.4. تقدير الجرعة الكلية والمخاطر الإشعاعية باستخدام الـ Resrad
72	الخاتمة
74	التوصيات
75	المراجع
77	الملاحق

المخلص

هدف البحث إلى تقدير التعرضات الإشعاعية في المنطقة الساحلية (منطقة عين ليلون وماحولها) لاحتوائها على تكشفات فوسفاتية تحوي مستويات مرتفعة نوعاً ما من النكليدات المشعة الطبيعية والتي أدت إلى وجود مستويات مرتفعة من جرعة غاما. حيث يشهد العالم تنامي للإهتمام بالصحة العامة وتقدير المخاطر الإشعاعية التي قد يتعرض لها الناس سواء من المصادر الطبيعية منها أو الصناعية. ونظراً لخصوصية موقع الدراسة من حيث احتوائه على توضعات فوسفاتية كربونائية حاوية على الغلوكوني ومنتكشفة في موقع عين ليلون وعين التينة ووجود نواتج تعرية لهذه الصخور في المناطق المحيطة بهما، من هنا كان التوجه لفكرة البحث لتحديد تركيز غاز الرادون في المناطق المتوقع فيها تراكيز عالية من الرادون نتيجة ممارسات أو تشكيلات جيولوجية خاصة.

تضمنت هذه الدراسة إجراء قياسات مختلفة شملت منطقة التوضعات الفوسفاتية وماحولها في المنطقة الساحلية لملاحظة فيما إذا كان هناك تعرض أو خطورة معنوية للرادون في المنازل التي خضعت للدراسة بالإضافة إلى تقدير الجرعة التي تتعرض لها العائلات القاطنة في تلك المنطقة. تضمن العمل توزيع كواشف لقياس غاز الرادون في المنازل بشكل عشوائي وبشكل يغطي منطقة التكتشفات وماحولها من سلسلة الجبال الساحلية شرقاً وحتى البحر غرباً (بشكل متاخم لبروفيل وادي المزيرعة وحتى الشاطئ في الصنوبر وكذلك بروفيل عين التينة - الحفة وحتى الشاطئ في البصة) شملت الدراسة حوالي 11 قرية وتم توزيع الكواشف فيها على مرحلتين وزع في المرحلة الأولى 93 كاشف، وفي نهاية الفترة جمعت الكواشف وحصل منها على 60 كاشف فقط وكانت نسبة الفقد حوالي (35%)

في المرحلة الثانية جرى توزيع 82 كاشفاً تركت لفترة ثانية، وفي هذه المرحلة أمكن جمع 69 كاشف بنسبة فقد قدرها (15%) بلغ عدد الكواشف النهائي 129 كاشفاً من الدفعتين وتضمنت كل من المرحلتين فترة صيف وشتاء وبذلك نكون حصلنا على قيمة مكررين لكل نقطة قياس وحسب تركيز الرادون كمتوسط للمرحلتين. اختيرت غرف النوم لتكون موقع القياس في المنزل، واعتمدت الطريقة التكاملية (التراكمية) باستخدام كواشف الأثر النووي نوع CR-39، ثم جرت معالجة النتائج إحصائياً باستخدام اختبار استيودنت (T-test)

وجد أن وسطي تركيز الرادون في المنازل (62Bq/m^3) كان ضمن الحدود الطبيعية وأقل من الحدود الموصى بها من قبل ICRP 200Bq/m^3 ولم تظهر أي فروق معنوية في تراكيز الرادون بين المناطق، وأن الارتفاع الظاهري لتركيز الرادون في بعض المناطق كان نتيجة لظروف خاصة كوضع الكاشف بأماكن مغلقة سيئة التهوية في بعض المناطق أو نتيجة طراز البناء المتميز بقدمه أو تابعاً لعادات السكان الإجتماعية.

كما وجد في هذه الدراسة أن المنازل التي استخدمت مادة الحجر في بنائها كان تركيز الرادون فيها أعلى من المنازل المبنية من البلوك والإسمنت، ولوحظ ارتفاع في تركيز الرادون في المنازل التي وضع فيها الكاشف في الطابق الأرضي مقارنة مع الطابق الأول.

تم قياس بنات الرادون في الهواء في نقاط القياس الشاذة وأظهرت النتائج قيماً طبيعية أقل من حد التدخل وربما يعود السبب إلى اختلاف ظروف القياس الآني حيث كانت المنازل مفتوحة فترة القياس سيما وأنه تم في فترة الصيف واشتداد الحر وهي فترة مختلفة عن فترة وضع الكواشف.

جرى قياس غاما في المنازل وكانت جميعها بحدود الخلفية الطبيعية [BG (25CPS)] باستثناء منزل في دير ماما حيث بلغ القياس في أرضية المنزل (125-160Cps) ويعود السبب إلى استخدام مواد بناء من منطقة التكتشفات في عين ليلون وهذا يدل على وجود حالات أخرى غير مدروسة.

أخذت حوالي 10 عينات تربة وعينتي صخر وعينة حجر بناء وحللت بمطيافية غاما كما أخذت 11 عينة مياه من مصادر مياه مختلفة تشرب منها القرى المدروسة وحللت بتقنية الومضان السائل وترافق أخذ العينات مع قياس غاما وتحديد الإحداثيات المكانية كما أخذت 14 عينة تربة من المناطق السكنية بشكل عشوائي أضيفت للعينات السابقة وأظهرت النتائج ارتفاع تركيز بعض النكليدات المشعة في منطقة التكتشفات مثل الـ Ra-226 والذي بلغ 1470Bq/kg والـ U-238 والذي بلغ كحد أقصى 1470Bq/kg وTh-232 الذي بلغ 42 Bq/Kg وهي جميعها أعلى من الحدود الموجودة في الترب السورية [35] في حين بلغت قيمة الـ K-40 262.2Bq/Kg وهي ضمن الحدود الطبيعية [35]

قيست نشاطية ألفا الكلية (α total) بالنسبة لعينات المياه وكانت $0.5 \text{ Bq/l} > \alpha$ total 1 Bq/l وبذلك فالمياه صالحة للشرب حسب (WHO) [36]

أسقطت إحداثيات المنازل التي وضع فيها كواشف الرادون وإحداثيات مواقع جمع عينات المياه والتربة على الخارطة الجيولوجية الخاصة بالمنطقة باستخدام البرنامج الجيولوجي Surver8، كما رسمت الخارطة الكونتورية لتركيز الرادون.

أدخلت جميع البارامترات الخاصة بطبيعة المنطقة وتركيز بعض النكليدات المشعة في التربة وبعض عادات السكان الغذائية وبعض مسالك التعرض التي تساهم في جرعة الأفراد في برنامج الـ Resrad وحسبت الجرعة الكلية خلال أزمنة مختلفة كما حددت مساهمة مسالك التعرض المختلفة في الجرعة الكلية وحسبت الخطورة التي قد يتعرض لها القاطنين في منطقة التكتشفات وذلك من أجل التراكم العليا والوسطية للنكليدات المشعة المتواجدة في التربة الفوسفاتية وتبين بأن الجرعة الحالية للسكان بالنسبة للتراكيز العليا هي 2.0 mSv/y على افتراض أن كامل المنطقة المدروسة منطقة تكتشفات، إلا أنها تنخفض إلى 0.2 mSv/y بعد إدخال المساحة الفعلية وهي أقل من جرعة عموم الناس (1 mSv/y) حسب الـ ICRP.

الفصل الأول

الإشعاع والرادون

1.1. مقدمة:

اكتشف هنري بيكريل Henry Becquerel ظاهرة النشاط الإشعاعي Radioactivity عام 1896، عندما لاحظ أن أملاح اليورانيوم Uranium تصدر أشعة Radiation تخترق العديد من المواد، وتؤدي إلى اسوداد فيلم التصوير. شكل اكتشاف بيكريل لظاهرة النشاط الإشعاعي بداية علمنا الحديث حول البنية الذرية والنووية.

وسرعان ما تم تحديد ثلاثة أنواع من الأشعة الصادرة عن النشاط الإشعاعي: أشعة ألفا (α) التي بين رذرفورد Rutherford عام 1909 أنها عبارة عن نوى الهليوم ^4He ، أشعة بيتا (β) التي بين بيكريل عام 1900 أنها عبارة عن إلكترونات Electrons، وأشعة غاما (γ) التي بين رذرفورد عام 1914 أنها عبارة عن أشعة كهرومغناطيسية Electromagnetic [1]

ويبين الملحق (1) شرحاً مفصلاً عن النشاط الإشعاعي ومصادر التعرض الإشعاعي الطبيعي والصنعي ويعتبر الرادون من أهم العناصر المشعة التي تساهم بأكثر من 50% من وسطي الجرعة الإشعاعية السنوية لعموم الناس.

2.1. الرادون:

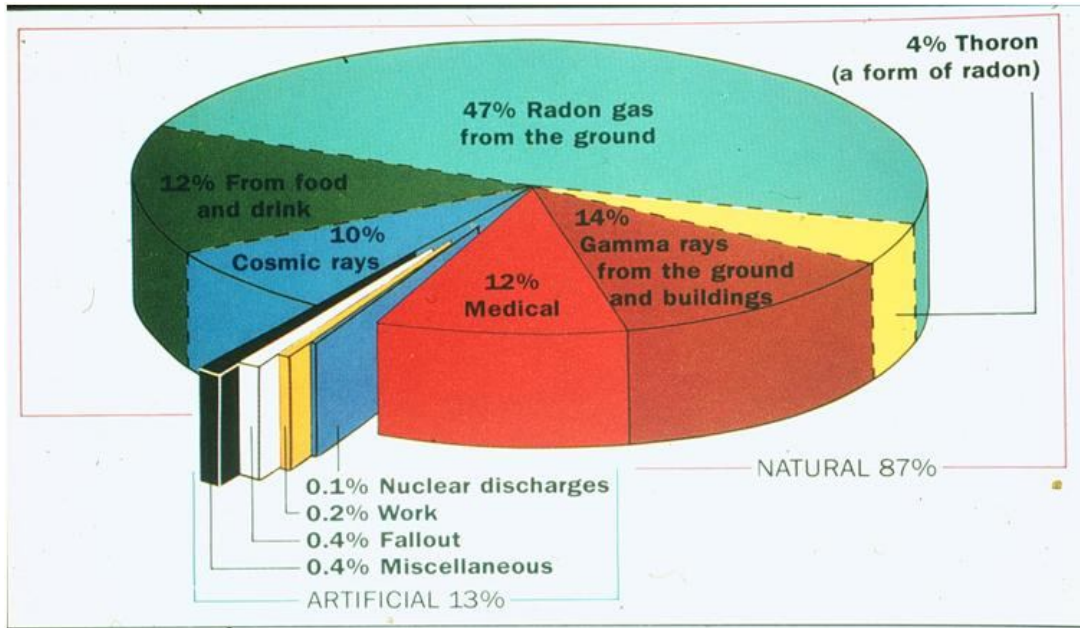
يعد الرادون غاز ذو منشأ طبيعي ينتج عن تفكك عنصر الراديوم المشع ويعود هذا العنصر إلى واحدة من السلاسل الثلاث الأكثر أهمية من سلاسل النشاط الإشعاعي الطبيعي وهذه السلاسل هي سلسلة اليورانيوم 238 (U-238) وينشأ عنها الرادون 222 وسلسلة الثوريوم 232 وينشأ عنها نظير الرادون 220 والذي يدعى بالثورون 220 وسلسلة اليورانيوم 235 (U-235) التي وينشأ عنها نظير الرادون 219 المعروف بالأكتينيوم 219 [2].

يهمل عادة الأكتينيوم 219 عند تقييم الجرعة الإشعاعية الطبيعية وذلك لندرة وجود نظير اليورانيوم 235 أساس السلسلة التي ينحدر منها هذا النظير (يتواجد طبيعياً بنسبة 0.7% من اليورانيوم الطبيعي) ومن جهة أخرى بسبب صغر عمر النصف له (3.92 ثانية)، لذلك يتلاشى هذا النظير قبل خروجه من التربة إلى البيئة، أما النظير 220 والذي يدعى بالثورون (Thoron-220) فيمكن أن يكون أكثر أهمية، إذ أن نسبة إنتاج الرادون-222 والثورون-220 في الطبيعة متساوي تقريباً وذلك لأن وفرة U-238 في قشرة الأرض عموماً 3-4 مرات أصغر من الثوريوم-232 وفي حين العمر النصف لليورانيوم 238 أقصر بثلاث مرات تقريباً من العمر النصف للثوريوم-232، وعلى أية حال فإن

العمر النصفى القصير نسبياً للثورون (55.6 ثانية) يجعل احتمالية تفكك وتلاشي هذا النظير داخل التربة قبل خروجه للوسط الخارجي كبيراً [3]، يتواجد الرادون بشكل طبيعي تقريباً في كل مكان كالراديوم المنتشر خلال قشرة الأرض.

أقر العلماء بإجماع خلال العقد الماضي، على اعتبار أن غاز الرادون السبب المحتمل للإصابات السرطانية في البشر. وقد أوضح العلماء العاملون في وكالة الحماية البيئية في الولايات المتحدة أن حوالي 5,000 إلى حوالي 20,000 من الوفيات سنوياً كانت نتيجة إصابتهم بسرطان الرئة يمكن أن ينسبوا إلى التعرض لغاز الرادون. ومن المؤكد الآن أن استنشاق الرادون وبناته ذوات عمر النصف القصير من قبل الناس هو المساهم الأكبر في جرعة الإشعاع الفردية وذلك لكلى التعرضين خارج المنازل (Outdoor Exposure) وفي داخلها (Indoor Exposure). [4]

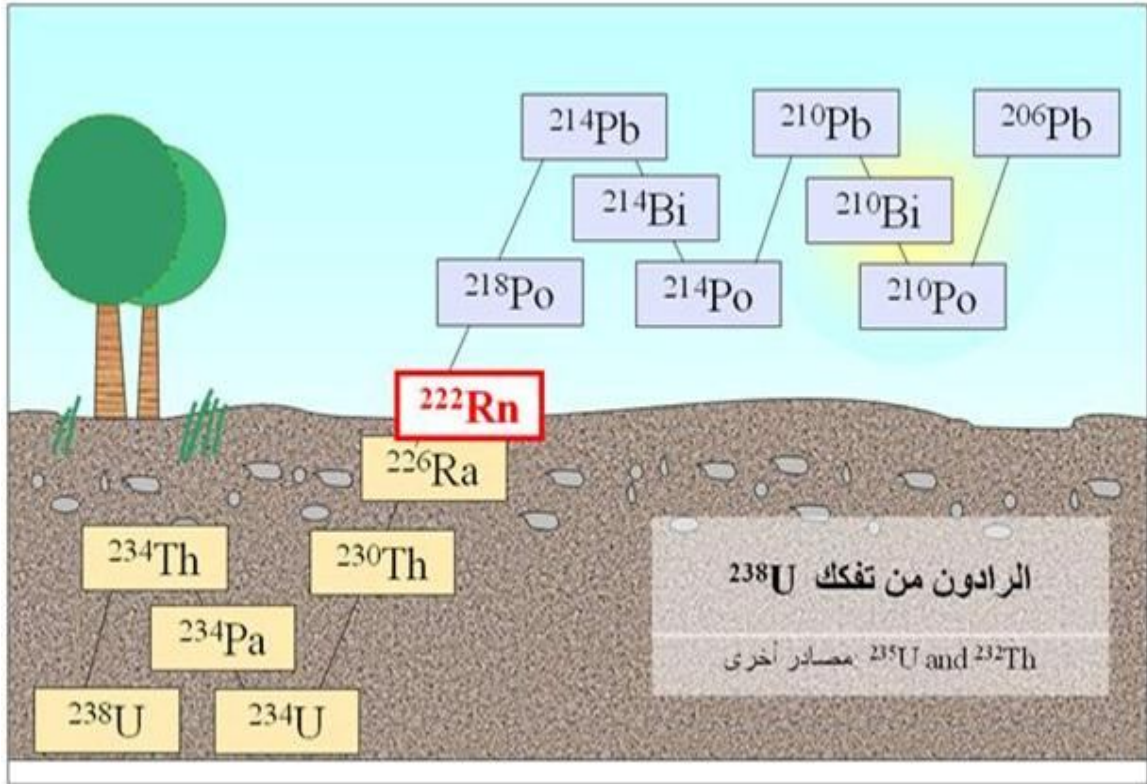
كذلك بينت البحوث التي أجريت خلال العقود الأخيرة وتحت الظروف العادية أن أكثر من 70% من الجرعة السنوية للجمهور تعود إلى مصادر طبيعية للأشعة المؤينة بينما 40% يعود إلى استنشاق وابتلاع غاز الرادون Rn-222 ونواتج تفككه. [5] ويبين الشكل (1-1) خريطة الجرعة السنوية كما أقرتها الـ ICRP.



الشكل (1-1) خريطة الجرعة الدولية كما أقرتها ICRP [5]

وفي الحقيقة فإن تركيز غاز الرادون في الهواء الخارجي منخفض نتيجة الخلط الهوائي، وعلى النقيض من ذلك، فإن تركيز الرادون داخل المنازل بشكل عام أعلى من 2 إلى 10 مرات منه في الخارج، لذا فإنه غالباً ما يهمل التعرض للرادون خارج المنازل.

تقسم نواتج الرادون إلى قسمين: قصيرة عمر النصف والتي عمرها النصف أقل من 30 دقيقة، (Po-214,Bi-214,Pb-214,Po-218) والمنتجات طويلة عمر النصف (Pb-210,Bi-210,Po-210) ويعود الخطر الإشعاعي للرادون بشكل رئيسي إلى منتجات تفككه قصيرة عمر النصف، حيث أن احتمال حدوث تفكك منتجاته أكبر بكثير من حدوث تفككه أثناء عملية الشهيق والزفير، ومنتجات تفككه أجسام صلبة تستطيع أن تلتصق على الجدران الداخلية للجهاز التنفسي وتشكل خطراً كامناً ويوضح الشكل (2-1) الرادون ونواتج تفككه والنتائج من تفكك سلسلة اليورانيوم-238



الشكل (2-1) يوضح نواتج تفكك الرادون [2]

ينتمي غاز الرادون إلى عمود الغازات النبيلة أو الخاملة، وبسبب خمول غاز الرادون فإنه لا يحتبس في الجهاز التنفسي ولا يساهم بذلك كثيراً في الجرعة الإشعاعية، غير أن منتجات تفككه قصيرة عمر النصف تترسب في الرئة والقصبات وتصدر جسيمات ألفا فتؤدي جراء استنشاقها إلى جرعة إشعاعية تزيد 100 مرة عن ما يسببه إشعاع الرادون وحده. [2]

ويظهر الجدول (1-1) الرادون ومنتجات تفككه وطاقة الإشعاع الصادرة أثناء التفكك.

الجدول (1-1) يبين الرادون وسلسلة تفككه [2]

طاقة الإشعاع الصادر (ميغا إلكترون فولت)			عمر نصفه	النظير
غاما	بيتا	ألفا		
0.295	0.67	5.49	3.823 يوم	الرادون 222
0.352	0.73	6.00	3.05 دقيقة	البولونيوم 218
0.609	1.02 1.0	-	26.8 دقيقة	الرصاص 214
1.12 1.764	1.51 3.26	-	19.7 دقيقة	البيزموت 214
-	-	7.69	164 ميكرو ثانية	البولونيوم 214
0.047	0.015 0.061	-	22.3 سنة	الرصاص 210
-	1.161	-	5.01 يوم	البيزموت 210
-	-	5.305	138.4 يوم	البولونيوم 210
-	-	-	مستقر	الرصاص 206

3.1. مصادر الرادون :

المصدران الأساسيان للرادون في الوسط الخارجي هما التربة والماء، ويبين الجدول (2-1) مصادر الرادون التي تشارك في رفع تركيزه في الغلاف الجوي الأرضي، وفيما يلي شرح مبسط لبعض أهم هذه المصادر.

الجدول (2-1) مصادر الرادون التي تشارك في تركيز الرادون في الغلاف الجوي الأرضي [6]

المصدر	الوارد على الغلاف الجوي (million Ci per year)
الانبعاث من التربة	2,000
المياه الباطنية (الكامنة)	500
الانبعاث من المحيطات	30
بقايا الفوسفات	3
عمليات تنقيب اليورانيوم	2
بقايا الفحم الحجري	0.02
الغاز الطبيعي	0.01
احتراق الفحم	0.001

1.3.1. التربة والصخور

ينتج حوالي 80% من غاز الرادون المنبثق إلى الوسط الخارجي عن الطبقة العليا للأرض [7]. وبالطبع فإن وجود اليورانيوم-238 وبالتالي الراديوم-226 هو السبب في إصدار الرادون من التربة. تختلف كمية الراديوم واليورانيوم من مكان إلى آخر حسب الطبيعة الجيولوجية، حيث يمكن أن يعبر عن كمية اليورانيوم الموجودة في مكان ما بجزء من المليون من الوزن (ppm) أو بالفعالية النوعية (Specific activity) والتي يعبر عنها بالبيكو كوري لليورانيوم في غرام واحد من المادة (pCi/g). والعلاقة بين هذين التعبيرين بالنسبة لليورانيوم هو أن $1 \text{ pCi/g} = 1 \text{ ppm}$. بشكل عام، فإن الصخور الموجودة في القشرة الأرضية تحوي حوالي 1 بيكو كوري بالغرام والتربة حوالي 0.7 بيكو كوري بالغرام [8].

2.3.1. الماء:

تعتمد بشكل أساسي كمية الرادون في الماء عند استخدامه على عاملين:

1^{اً} - المواصفات الجيولوجية المحلية حين يستخرج الماء

2^{اً} - نوع الماء المستخدم

فمن أجل العامل الأول فإن كمية الرادون المنبثق من حبيبات التربة يعتمد بشكل أساسي على نوع ومواصفات الصخور الموجودة حيث يستخرج الماء فالرادون والراديوم ينحلان في الماء، وعندما تمر المياه تحت السطحية على كل من التربة والصخور الحاوية على الراديوم، فإنه ينحل في الماء وينتقل معه، ويتولد منه الرادون وبناته، فإذا كانت كمية الراديوم المنحلة كبيرة، كان تولد الرادون منها تبعاً لذلك كبيراً، فإذا استخدمت تلك المياه في المساكن، فإن غاز الرادون يمكن أن يتحرر داخل المنزل، وتعتمد نسبة التحرر على نوع الاستخدام. ويبين الجدول (3-1) نسبة تحرر الرادون من الماء في الاستخدامات المختلفة.

الجدول (3-1) يبين نسبة تحرر الرادون من الماء في الاستخدامات المختلفة داخل المنزل [9]

الاستخدام	نسبة تحرر الرادون %
الغسيل	90
الكي	90
استخدام ماكينة غسيل الملابس الآلية	90
الاستحمام واقفاً	63
الاستحمام جالسا (بالانيو)	47
الشرب والطبخ	30
استخدام شطاف الحمام	30

وقد يكون تركيز غاز الرادون في المياه تحت سطح الأرض مرتفعاً، وخاصة في الأرض الغرانيتية، حيث وصلت في الولايات المتحدة الأمريكية حتى 10000 بيكريل/لتر، ومع ذلك فإن مشاركة الماء في انطلاق غاز الرادون إلى داخل المسكن هي قيمة محدودة، لا تتجاوز واحد بالعشرة آلاف من تركيز غاز الرادون في الماء [10]

أما عن نوع الماء المستخدم فهو عامل مهم جداً حيث وجد أن الرادون الناتج عن الماء يشكل مشكلة في البيوت التي تستخدم مياه الآبار بشكل مباشر، بينما لا يكون مشكلة في البيوت التي تعتمد على شبكة المياه العامة وذلك لأنه عادة يتم حفظ مياه الشبكة العامة من أجل المعالجة ومن ثم التخزين وبعد ذلك التوزيع الأمر الذي يؤدي إلى تفكك الرادون ونواتج تفككه المنحلة في الماء قبل أن تصل البيوت [11]

3.3.1 مواد البناء :

تحتوي مواد البناء المصنوعة من التربة والصخور مثل (الإسمنت، البلوك، السيراميك،...الخ) على مواد مشعة ذات منشأ طبيعي مثل اليورانيوم والراديوم وبالتالي فهي تولد الرادون. لهذه المواد نفوذية كافية لينطلق الرادون المتولد ضمنها إلى الوسط الخارجي. أما المواد ذات المنشأ غير الأرضي (مثل الخشب) فهي تحوي كمية منخفضة جداً من الراديوم. يبين الجدول (4-1) كمية الرادون الصادر عن بعض مواد البناء.

الجدول (4-1) كمية الرادون الصادر عن بعض مواد البناء [12]

المادة	السماعة (cm)	معدل الإصدار النسبي
الإسمنت	10	0.005
الإسمنت الخفيف	20	0.02
الإسمنت الثقيل	8	0.01
الفوسفوجيبسوم	1.3	0.001
الفوسفوجيبسوم	7.6	0.01
التربة	غير محدود	0.5
عمليات التنقيب اليورانيوم	10	0.2
عمليات تنقيب اليورانيوم	غير محدود	1.6

تختلف كمية الرادون الصادرة عن نوع معين من مواد البناء بشكل كبير من عينة إلى أخرى حتى ولو كان تركيز اليورانيوم في كلا العينتين واحداً. حيث وجد أن معدل إصدار الرادون يتغير مع الظروف

25	35.5855	36.255	ميسلون	66
25	35.59283	36.333	ميسلون	57
20	35.591	36.245	ميسلون	44
20	35.59267	36.40666	ميسلون	98
25	35.60417	36.23666	ميسلون	9
20	35.593	36.255	ميسلون	39
25	35.5925	36.41666	ميسلون	35
20	35.58983	36.38833	ميسلون	88
25	35.59383	36.345	ميسلون	46
30	35.5925	36.38666	ميسلون	1
35	35.54017	36.115	عين ليلون-و	69

ملحق (6)
اختبار الفرضية T-test

ملحق (6)

اختبار الفرضية T-test

للتبارات الفرضية حول الفرق بين متوسطي مجتمعين إحصائيين $\mu_1 - \mu_2$ في حالة عينات صغيرة الحجم
للسحب عينتين حجمهما ($n_1 < 30$ و $n_2 < 30$) من مجتمعين إحصائيين حيث أن σ_1^2 ثابته المجتمع الإحصائي الذي أخذت منه العينة الأولى و σ_2^2 ثابته المجتمع الإحصائي الذي أخذت منه العينة الثانية وسوف نناقش الحالتين التاليين:

الحالة الأولى: كون $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma^2$ في هذه الحالة فإن الإحصائية المستخدمة هي

$$T = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - d_0}{s \times \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

حيث أن

$$s = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

وسوف نناقش اختبار ثلاثة فرضيات:

1- اختبار فرضية ثابته الذيل: تصاغ هذه الفرضية كما يلي

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 = d_0$$

$$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq d_0$$

في هذا الاختبار تعطى منطقة القبول بـ $[-t_{\frac{\alpha}{2}}, t_{\frac{\alpha}{2}}]$ ومنطقة الرفض بـ $(T < -t_{\frac{\alpha}{2}} \text{ و } T > t_{\frac{\alpha}{2}})$

وذلك من أجل مستوى من الثقة $1 - \alpha$ ودرجة أهمية α وبـ $\nu = n_1 + n_2 - 2$ درجة من الحرية.

2- اختبار فرضية وحيدة الذيل من اليمين: تصاغ هذه الفرضية كما يلي:

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 = d_0$$

$$H_1: \mu_1 - \mu_2 > d_0$$

في هذا الاختبار تعطى منطقة القبول بـ $T < t_{\alpha}$ ومنطقة الرفض بـ $T > t_{\alpha}$ وذلك من أجل

مستوى من الثقة $1 - \alpha$ ودرجة أهمية α وبـ $\nu = n_1 + n_2 - 2$ درجة من الحرية.

3- اختبار فرضية وحيدة الذيل من اليسار: تصاغ هذه الفرضية كما يلي:

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 = d_0$$

$$H_1: \mu_1 - \mu_2 < d_0$$

في هذا الاختبار تعطى منطقة القبول بـ $T > -t_{\alpha}$ ومنطقة الرفض بـ $T < -t_{\alpha}$ وذلك من أجل

مستوى من الثقة $1 - \alpha$ ودرجة أهمية α وبـ $\nu = n_1 + n_2 - 2$ درجة من الحرية.

الحالة الثانية : حالة $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$: إن الإحصائية المستخدمة في هذه الحالة هي

$$T = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2 - d_0}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

وعدد درجات الحرية تعطي في هذه الحالة بـ

$$v = \frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}\right)^2}{\frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1}\right)^2}{n_1 - 1} + \frac{\left(\frac{s_2^2}{n_2}\right)^2}{n_2 - 1}}$$

وسوف نناقش ثلاث حالات اختبار الفرضيات كما في الحالة السابقة:

1- اختبار فرضية شاذة الذيل: تصاغ هذه الفرضية كما يلي

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 = d_0$$

$$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq d_0$$

في هذا الاختبار تعطي منطقة القبول بـ $(-t_{\alpha/2}, t_{\alpha/2})$ ومنطقة الرفض بـ $(T < -t_{\alpha/2}$ و $T > t_{\alpha/2})$ وذلك من أجل مستوى من الثقة $1 - \alpha$ ودرجة أهمية α و v درجة من الحرية.

2- اختبار فرضية وحدة الذيل من اليمين: تصاغ هذه الفرضية كما يلي:

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 = d_0$$

$$H_1: \mu_1 - \mu_2 > d_0$$

في هذا الاختبار تعطي منطقة القبول بـ $T < t_{\alpha}$ ومنطقة الرفض بـ $T > t_{\alpha}$ وذلك من أجل مستوى من الثقة $1 - \alpha$ ودرجة أهمية α و v درجة من الحرية.

3- اختبار فرضية وحدة الذيل من اليسار: تصاغ هذه الفرضية كما يلي:

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 = d_0$$

$$H_1: \mu_1 - \mu_2 < d_0$$

في هذا الاختبار تعطي منطقة القبول بـ $T > -t_{\alpha}$ ومنطقة الرفض بـ $T < -t_{\alpha}$ وذلك من أجل مستوى من الثقة $1 - \alpha$ ودرجة أهمية α و v درجة من الحرية.