

## تحديد مستويات النشاط الإشعاعي وتقييم مؤشرات المخاطر الإشعاعية في عينات تربة معمل سميت

بادوش التوسيع في محافظة نينوى، العراق

علي ادريس ياسين      ليث أحمد نجم      جوزيف ايمانويل نجانا نكولو الثاني      ابشر محمود قسم السيد  
قسم الفيزياء/ كلية العلوم/ جامعة الموصل      مركز ابحاث العلوم والتكنولوجيا النووية / معهد      قسم الفيزياء/ كلية العلوم/ جامعة      السلطان قابوس / سلطنة عمان  
البحوث الجيولوجية والتعدينية/ ياوندي/ الكامبيرون

p-ISSN: 1608-9391

e-ISSN: 2664-2786

### Article information

Received: 28/ 6/ 2023

Revised: 25/ 7/ 2023

Accepted: 30/ 7/ 2023

DOI:

10.33899/rjs.2024.182839

corresponding author:

ليث أحمد نجم

[prof.lai2014@gmail.com](mailto:prof.lai2014@gmail.com)

علي ادريس ياسين

[ali.idriss.yaseen.phy@gmail.com](mailto:ali.idriss.yaseen.phy@gmail.com)

### المخلص

ان الهدف من هذه الدراسة هو قياس مستويات النشاط الاشعاعي في منطقة معمل سميت بادوش التوسيع وحساب مؤشرات المخاطر الاشعاعية للنويدات المشعة. تم استخدام مطيافية اشعة كاما مع كاشف الجرمانيوم عالي النقاوة (HPGe) لحساب مستويات الفعالية النوعية للنويدات المشعة الطبيعية ( $^{40}\text{K}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ) والصناعية ( $^{137}\text{Cs}$ ) في تربة معمل سميت بادوش. وأظهرت النتائج أن معدل قيم الفعالية النوعية لـ  $^{226}\text{Ra}$  هو (Bq/kg)  $12.78 \pm 1.035$ ، وأن معدل قيم الفعالية النوعية لـ  $^{232}\text{Th}$  هو (Bq/kg)  $16.142 \pm 0.74$ ، أما بالنسبة لـ  $^{40}\text{K}$  فإن معدل قيم الفعالية النوعية هو (Bq/kg)  $153.903 \pm 4.98$ ، وكانت معدل قيم الفعالية النوعية لـ  $^{137}\text{Cs}$  هو (Bq/kg)  $0.635 \pm 0.187$ .

وتم حساب مؤشرات الخطورة وفق مقدار التراكيز الإشعاعية لتلك النويدات المشعة في منطقة الدراسة، وقد وجد أن معدل قيم مكافئ الراديوم ( $\text{Ra}_{\text{eq}}$ ) هو (Bq/kg)  $47.719$ ، أما مقدار معدل الجرعة الممتصة في الهواء ( $D_{\gamma}$ ) فقد كانت قيمته (nGy/h)  $22.074$ . وتم حساب قيم مكافئ الجرعة الفعالة السنوية للتعرض الداخلي ( $\text{AEDE}_{\text{in}}$ ) والخارجي ( $\text{AEDE}_{\text{out}}$ )، وكان معدل قيم ( $\text{AEDE}_{\text{in}}$ ) هو ( $\mu\text{Sv/y}$ )  $108.288$ ، ومعدل قيم ( $\text{AEDE}_{\text{out}}$ ) هو ( $\mu\text{Sv/y}$ )  $27.072$ . وتم حساب مؤشر الإصابة بالسرطان مدى الحياة (ELCR) وكان معدل قيمها ( $94.752 \times 10^{-6}$ )، أما مؤشرات الخطورة الخارجية ( $H_{\text{ex}}$ ) والداخلية ( $H_{\text{in}}$ ) فقد تم حسابها ووجد أن معدل قيم ( $H_{\text{ex}}$ ) هو (0.129)، وكذلك فإن معدل قيمة ( $H_{\text{in}}$ ) هو (0.165) وقد تم تعيين دليل أشعة كاما ( $I_{\gamma}$ ) وكان معدل قيمه (0.349).

أما مؤشر الجرعة المكافئة للغدد التناسلية (AGDE) فكان بمعدل ( $\mu\text{Sv/y}$ )  $155.306$ ، وتم حساب معدل الجرعة المكافئة للمحيط ( $H^*(10)$ ) وكانت قيمته (nSv/h)  $29.236$ ، أظهرت النتائج إن جميع قيم مؤشرات الخطورة كانت ضمن الحد المسموح به عالمياً، والموصى به من قبل UNSCEAR. وتم الاستنتاج من هذه الدراسة بعدم وجود مخاطر جراء التعرض المباشر والمستمر للإشعاع على العمال العاملين في معمل الاسمنت والكائنات الحية الموجودة في مناطق الدراسة.

الكلمات الدالة: المخاطر الإشعاعية، الجرعة الممتصة، مطيافية كاما بكاشف (HPGe)، عينات التربة، محافظة نينوى.

### المقدمة

إن الحياة على سطح الأرض تحت تأثير تعرض اشعاعي ثابت، وبالإضافة إلى الإشعاع المؤين للمصادر الطبيعية هنالك تعرض إضافي من المصادر الصناعية الناتجة من صنع البشر والتي ظهرت بشكل مهم في القرن العشرين (Grupe and Rodgers, 2016).

والنشاط الإشعاعي صفة أساسية للنويدات غير المستقرة، وبعد اكتشاف النشاط الإشعاعي من قبل بيكريل في 1896، تمكن سودي ورذرفورد من تعريف النشاط الإشعاعي على أنه انبعاث تلقائي للجسيمات المشعة نتيجة لتكوين عناصر جديدة، والبيئة المحيطة بنا تحتوي على نسبة صغيرة من النظائر المشعة، ومعظم الإشعاع الذي نتعرض له يومياً يأتي من الخلفية الإشعاعية لمصادر طبيعية في البيئة، وكذلك في البنائات التي نعيش فيها (Pöschl and Nollet, 2007).

وحقيقة أننا محاطون بالإشعاع الطبيعي لا يعني أننا في خطر كبير، حيث أن الإشعاع في البيئة الطبيعية لا يمثل خطورة على الكائنات الحية، ولكن هناك مخاطر ممكنة من ارتفاع مستوى الإشعاع المؤين نتيجة النشاط البشري المتزايد (Grupe and Rodgers, 2016).

ولكن التقديرات الدقيقة لتراكيز النويدات المشعة في الهواء والماء والنباتات والتربة والصخور ضرورية للبيئة ومهمة لفهم التعرض البشري لهذا الإشعاع وإن اشعة كاما الناتجة من النشاط الطبيعي تمثل نسبة كبيرة من معدل التعرض الكلي للإشعاع المؤين (Lee et al., 2023).

إن وجود النويدات المشعة الطبيعية في التربة مثل  $^{238}\text{U}$  و  $^{232}\text{Th}$  و  $^{40}\text{K}$  تجعل التربة مشعة وحسب نوع الصخور الموجودة تحت التربة تتغير كمية ونوع الإشعاع الموجود في التربة، ومن المعلوم أن المقدار الأكبر من اشعة كاما موجودة في الطبقة السطحية للتربة عند العمق (0-25) cm (UNSCEAR, 1993) (Küçükonder et al., 2023).

ويمثل K نسبة 2.59% من القشرة الأرضية، ويتوافر في التربة ويمثل المصدر الأكبر للإشعاع الطبيعي لكل من الحيوانات والنباتات، وكذلك فإن نظائر Cs مثل  $^{134}\text{Cs}$ ،  $^{137}\text{Cs}$  ذو العمر النصفى (30.2 y) والذي يمتلك خصائص كيميائية متشابهة لـ K يمثل نسبة كبيرة من النظائر المشعة الصناعية لأشعة كاما خلال التجارب والحوادث النووية (Lee et al., 2023)، كما في المناطق القريبة من محطة تشرنوبل للطاقة، حيث أن التربة في تلك المنطقة تحتوي على تلوث إشعاعي بـ  $^{137}\text{Cs}$  (Pöschl and Nollet, 2007).

إن الكائنات الحية تحت تعرض إشعاعي داخلي وخارجي وبصورة مستمرة منذ تكوين الأرض، ولهذا السبب فإن العديد من

الدراسات قد أجريت لتحديد مقدار النشاط الإشعاعي (Taqi and Namq, 2022).

وتم اجراء العديد من الدراسات لتحديد النشاط الإشعاعي والمخاطر الإشعاعية التابعة له في محافظة نينوى، حيث قام الباحثان (Marie and Najam, 2022) بتقييم مستويات النشاط الإشعاعي في عينات التربة بالقرب من مصفاة نفط الكسك في محافظة نينوى في العراق، باستخدام مطيافية كاما مع الكاشف الوميضي NaI(Tl)، تمكن الباحثان (Hamoo and Najam, 2020) من قياس مستويات الإشعاع الطبيعي في مناطق منتخبة من مدينة الموصل شمال العراق، وقام الباحثان (Wais and Najam, 2021) بقياس مستويات النشاط الإشعاعي في رواسب نهر دجلة في مدينة الموصل في العراق باستخدام مطيافية كاما مع كاشف NaI(Tl)، وباستخدام كاشف NaI(Tl) تمكن الباحثون (EL-Taher et al., 2017) من قياس النشاط الإشعاعي للتربة في مناطق قريبة من معمل سمنت أسبوط (Assiut Cement Factory) في مصر، وقام الباحثون (Ali et al., 2014) بتقييم الإشعاع الطبيعي لطبقة المارل كمادة أولية في صناعة السمنت ضمن مقلع سمنت الكوفة في محافظة النجف.

ان الهدف من هذه الدراسة هي تحديدات مستويات النشاط الاشعاعي للنويدات المشعة في تربة المناطق القريبة من معمل سميت بادوش، ومن ثم مقارنتها مع بعض الدراسات السابقة المحلية والعالمية، وكذلك مقارنتها مع المعدلات الموصى بها عالمياً، وكذلك حساب قيم مؤشرات المخاطر الاشعاعية التابعة لمستويات النشاط الاشعاعي في تربة المنطقة المدروسة.

### وصف منطقة الدراسة

لتقييم مستوى النشاط الاشعاعي ومؤشرات الخطورة في التربة، تم اختيار معمل سميت بادوش التوسيع والذي يقع في ناحية بادوش الواقعة على بعد 25 km غرب مدينة الموصل شمال العراق، ويبين الشكل (1) خارطة محافظة نينوى.



الشكل 1: يوضح خارطة محافظة نينوى

### جمع العينات

تم جمع (25) عينة من التربة القريبة من معمل سميت بادوش التوسيع، وتم أخذ العينات بعمق (10-15) cm من سطح الأرض باستعمال مجرفة، وتحديد مساحة (1m×1m) لكل عينة، وقد تم أخذ ثلاث عينات في نقاط مختلفة من كل موقع وخلطها جيداً للحصول على عينة متجانسة لكل موقع، بعد ذلك تم وضعها في أكياس من البولي إثيلين، تزن كل عينة (2kg) تقريباً، كذلك تم تحديد إحداثيات المواقع المدروسة وفقاً لبرنامج (Global Positioning System (GPS)، كما موضح في (الجدول 1)، اما الشكل (2) فيبين مواقع العينات التي جمعت من معمل سميت بادوش.

الجدول 1: يوضح احداثيات منطقة الدراسة

Sample No.	Sample code	Longitude E	Latitude N
1	B1	42°93'44.89"	36°43'73.07"
2	B2	42°93'37.53"	36°43'75.79"
3	B3	42°93'35.52"	36°43'75.3"
4	B4	42°93'33.9"	36°43'74.17"
5	B5	42°93'32.82"	36°43'76.61"
6	B6	42°93'31.63"	36°43'75.82"
7	B7	42°93'28.04"	36°43'77.39"
8	B8	42°93'24.95"	36°43'81.5"
9	B9	42°93'19.71"	36°43'75.45"
10	B10	42°93'23.85"	36°43'79.44"
11	B11	42°93'12.91"	36°43'82.06"
12	B12	42°93'15.02"	36°43'77.02"
13	B13	42°93'11.71"	36°43'73.77"
14	B14	42°93'07.57"	36°43'76.34"
15	B15	42°93'04.6"	36°43'7.9"
16	B16	42°93'06.68"	36°43'75.83"
17	B17	42°93'02.17"	36°43'76.08"
18	B18	42°93'04.59"	36°43'37.76"
19	B19	42°93'99.22"	36°43'37.01"
20	B20	42°93'96.61"	36°43'78.31"
21	B21	42°93'90.56"	36°43'85.36"
22	B22	42°93'85.65"	36°43'92.53"
23	B23	42°93'90.08"	36°43'86.29"
24	B24	42°93'9.54"	36°43'81"
25	B25	42°93'91.5"	36°43'84.31"



الشكل 2: يوضح مواقع العينات التي جمعت من معمل سمنت بادوش

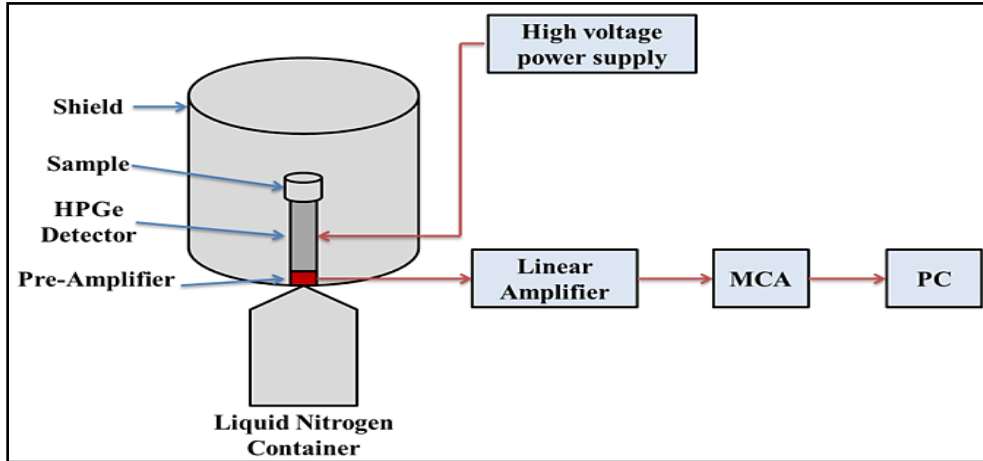
## تحضير العينات

تم تعريض جميع العينات للهواء لعدة أيام ومن ثم ادخالها في فرن كهربائي لمدة ساعتين وبدرجة حرارة (100°C)، للتأكد من خلوها من الرطوبة تماماً. وتم طحن العينات يدوياً وباستخدام طاحونة كهربائية للحصول على مسحوق ناعم، بعد ذلك تتخل العينات باستعمال غربال ناعم بحجم شبكة (2mm) للحصول على عينات متجانسة.

وتم أخذ (1kg) من التربة المجففة ووضعها في وعاء مارينلي محكم الإغلاق بسعة (1kg)، إذ تم اغلاق فوهة الوعاء بإحكام وترك لمدة (شهر) على الأقل ليتم التوصل إلى حالة التوازن الاشعاعي بين النويدات المشعة ووليداتها (Isel et al., 2023).

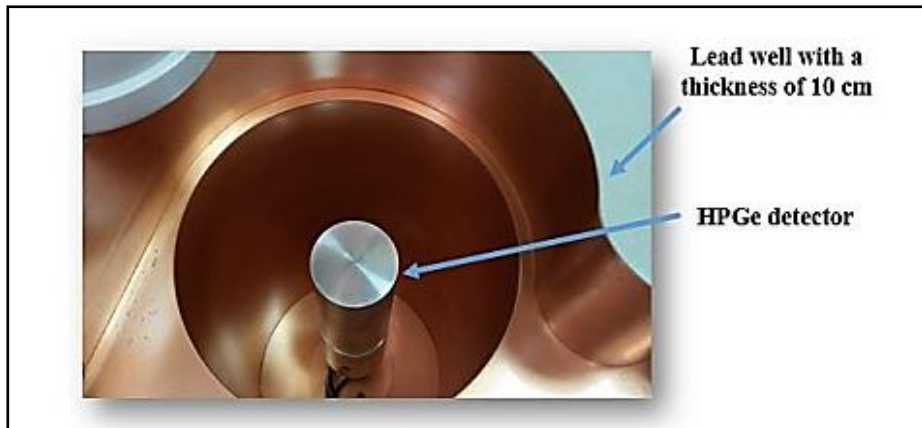
### منظومة القياس

استخدمت مطيافية أشعة كاما مع كاشف الجرمانيوم عالي النقاوة (HPGe) لقياس الفعالية النوعية للنويدات المشعة في التربة في هذه الدراسة، إن قطر بلورة الكاشف المستخدم هو (70.6mm) وبارتفاع (70.7mm). الشكل (3) يوضح منظومة مطيافية أشعة كاما مع كاشف الجرمانيوم عالي النقاوة



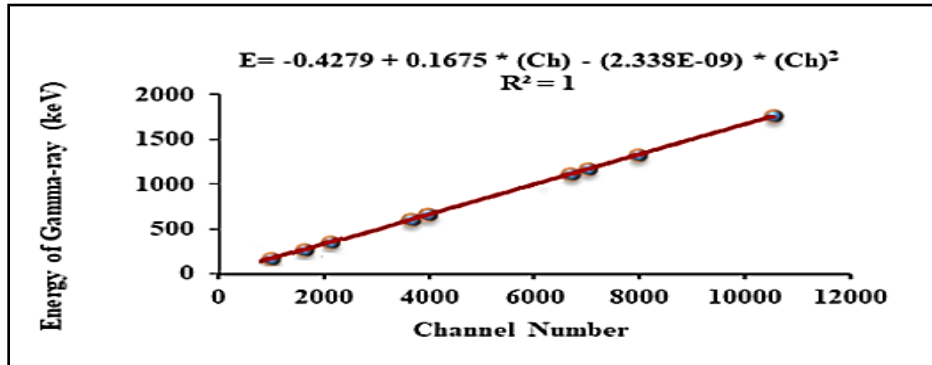
الشكل 3: يوضح منظومة مطيافية كاما مع كاشف الجرمانيوم عالي النقاوة

يحاط الكاشف بجدار من الرصاص بسبك (10cm) لتقليل الخلفية الإشعاعية ومغلف من الداخل بطبقة رقيقة من النحاس والكاديوم لتوهين الأشعة السينية الناتجة من تفاعل أشعة كاما مع الرصاص وكما موضح في الشكل (4).



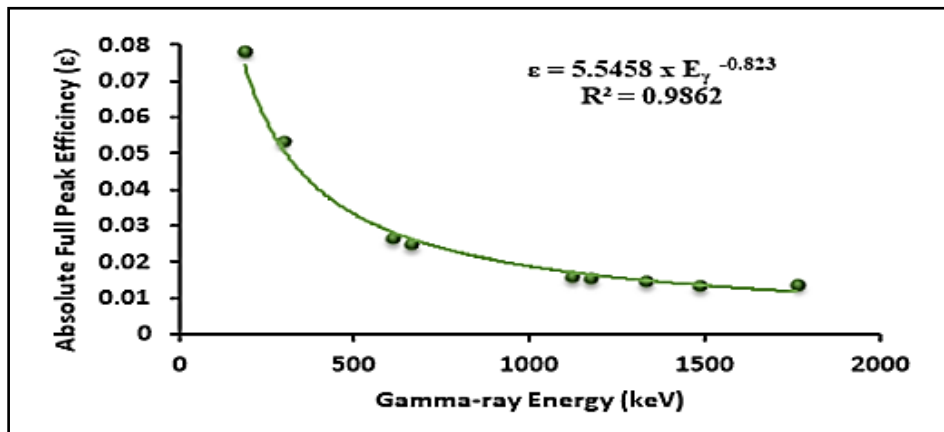
الشكل 4: يوضح درع الإشعاع

ولغرض معايرة الطاقة استخدمت المصادر القياسية مثل نظير الكوبلت ( $^{60}\text{Co}$ ) ذي الطاقين (1173.2, 1332.5) keV ونظير السيزيوم  $^{137}\text{Cs}$  ذي الطاقة (662 keV) ونظير الراديوم  $^{226}\text{Ra}$  ذي الطاقات (186, 295, 351.9, 609, 1120, ) keV (1764)، وبين الشكل (5) العلاقة بين طاقة الفوتون الساقط وموقع القمة.



الشكل 5: يمثل العلاقة بين طاقة الفوتون الساقط وموقع القمة

وتم معايرة الكفاءة باستخدام ثلاث مصادر قياسية لأشعة كاما وهي  $^{226}\text{Ra}$  و  $^{60}\text{Co}$  و  $^{137}\text{Cs}$  وهذه المصادر تركت على الأقل لمدة اربع ساعات. والشكل (6) يوضح العلاقة بين قمة الكفاءة المطلقة الكلية وطاقة أشعة كاما بوحدة (keV)



الشكل 6: يوضح العلاقة بين قمة الكفاءة المطلقة الكلية وطاقة أشعة كاما

ان قابلية الفصل الطاقى للكاشف هي مقياس لقدرة العداد على التفريق بين طاقتين متقاربتين، ويعد عرض الخط الكامي عند منتصف ارتفاع ذروته Full Width at half maximum (F.W.H.M) مقياساً لقدرة الكاشف التحليلية، وإن قابلية الفصل ل(F.W.H.M) عند 122keV للنظير الكوبلت  $^{57}\text{Co}$  هي 1.1keV وعند 1332 keV للنظير الكوبلت  $^{60}\text{Co}$  هي 1.97 keV، وكانت كفاءة الكاشف تساوي (73.8%).

#### قياس وحساب طيف النماذج

بعد وضع العينات في وعاء مارنيلى وتركها لمدة أربعة أسابيع، تم فحص كل عينة باستخدام مطيافية كاما مع كاشف الجرمانيوم عالي النقاوة (HPGe) حيث وضع الكاشف داخل ألواح من الرصاص بسُمك (10cm) لتقليل الخلفية الاشعاعية، وبقيت كل عينة في الكاشف لمدة لا تقل عن (36000sec) في أعلى الكاشف.

تم تحديد الخلفية الاشعاعية للمختبر حيث استخدم وعاء مارنيلى فارغ محكم الإغلاق ووضع في بلورة الكاشف لمدة عشر ساعات وبنفس الزمن والطريقة المستخدمة لقياس العينات.

وقد استخدمت العلاقة التالية في حساب الفعالية النوعية: (Najam and Younis, 2015)

$$A(Bq/Kg) = \frac{N - BG}{\epsilon \cdot I_\gamma \cdot t \cdot m} \dots \dots \dots (1)$$



حيث

A : الفعالية النوعية للنويدات المشعة بوحدة (Bq/kg)

N : المساحة تحت القمة الضوئية لطاقة العنصر بوجود العينات.

B.G : المساحة تحت القمة الضوئية للخلفية الإشعاعية.

 $I_\gamma$  : شدة طاقة أشعة كاما المنبعثة من المصدر المشع. $\epsilon$  : تمثل كفاءة الكاشف

t : زمن تجميع الطيف بـ (sec).

M : كتلة العينة بوحدة (kg)

**مؤشرات المخاطر الإشعاعي****1- مكافئ الراديوم ( $R_{eq}$ )**

يعرف مكافئ الراديوم على أنه مجموع تراكيز النشاط الإشعاعي للنويدات المشعة الثلاث المتمثلة بـ  $^{226}\text{Ra}$  و  $^{232}\text{Th}$  و  $^{40}\text{K}$ . حيث تم الافتراض بأن (370Bq/kg) من الراديوم  $^{226}\text{Ra}$  و (259Bq/kg) من الثوريوم  $^{232}\text{Th}$  و (4810Bq/kg) من البوتاسيوم  $^{40}\text{K}$ ، تنتج معدل الجرعة نفسه من أشعة كاما (Beretka and Matthew, 1985; Najam *et al.*, 2011).

ويمكن حساب مكافئ الراديوم من المعادلة الآتية: (Beretka and Matthew, 1985)

$$R_{eq} \text{ (Bq/kg)} = A_{Ra} + 1.43 A_{Th} + 0.077 A_K \quad \dots\dots\dots(2)$$

إذ أن  $A_{Ra}$  و  $A_{Th}$  و  $A_K$  هي الفعالية الإشعاعية للراديوم - 226 والثوريوم - 232 والبوتاسيوم - 40 على التوالي بوحدة Bq/kg. والقيمة القصوى المسموح بها لفعالية الراديوم المكافئة هي 370Bq/kg (UNSCEAR, 2000).

**2- معدل الجرعة الممتصة في الهواء ( $D_\gamma$ )**

إن معدل الجرعة الممتصة لأشعة كاما في الهواء  $D_\gamma$  بوحدة (nGy/h) عند 1m فوق مستوى سطح الأرض يمكن حسابه باستعمال الفعالية النوعية للراديوم - 226 والثوريوم - 232 والبوتاسيوم - 40 كما في المعادلة الآتية: (Örgün *et al.*, 2007)

$$D_\gamma \text{ (nGy/h)} = 0.462 A_{Ra} + 0.604 A_{Th} + 0.0417 A_K \quad \dots\dots\dots(3)$$

إن عوامل التحويل المستعملة لحساب معدل الجرعة الممتصة لأشعة كاما في الهواء ( $D_\gamma$ ) تقابل (0.462nGy/h) للراديوم 226 و (0.604nGy/h) للثوريوم 232 و (0.0417nGy/h) للبوتاسيوم - 40.

**3- مكافئ الجرعة الفعالة السنوية (AEDE)**

ويستعمل للحكم على مدى الآثار الصحية الناتجة عن التجربة الممتصة وتقاس بوحدة ( $\mu\text{Sv/y}$ )، ويتم تقدير الجرعة الفعالة السنوية من خلال تحويل الجرعة الممتصة في الهواء إلى الجرعة المكافئة للأشخاص البالغين من خلال معامل تحويل مقداره (0.7Sv/Gy) وضربه بمعامل (Outdoor occupancy factor) 0.2 والذي يمثل ما يتعرض له الإنسان خارج المنزل، وبمعامل (Indoor occupancy factor) 0.8 والذي يمثل مقدار الوقت الذي يقضيه الإنسان داخل المنزل. إن مقدار الجرعة الفعالة السنوية خارج المنزل يحسب من العلاقة التالية: (Fisher and Spohr, 1983)

$$AEDE_{outdoor} (\mu\text{Sv/y}) = D \text{ (nGy/h)} \times 0.7 \times 0.2 \times 8760 \times 10^{-3} \quad \dots\dots\dots(4)$$

ويمكن حساب مكافئ الجرعة الفعالية داخل المنزل من خلال المعادلة: (Kolo *et al.*, 2017)

$$AEDE_{indoor} (\mu Sv/y) = D(nGy/h) \times 0.7 \times 0.8 \times 8760 \times 10^{-3} \dots\dots\dots(5)$$

#### 4 - الجرعة المكافئة للغدد التناسلية (AGDE)

تُعد الغدد التناسلية من أكثر أجزاء الجسم حساسية للإشعاع، ولذلك يمكن حساب (AGDE) كنتيجة للفعالية الإشعاعية للنويدات المشعة الطبيعية لكل من الراديوم-226 والثوريوم-232 والپوتاسيوم-40 ويمكن حسابه من المعادلة الآتية: (Kolo *et al.*, 2017)

$$AGDE(\mu Sv/y) = 3.09A_{Ra} + 4.18A_{Th} + 0.314A_K \dots\dots\dots(6)$$

#### 5- خطر الإصابة بالسرطان مدى الحياة (ELCR)

وهي مجموع مخاطر السرطانات الإضافية نتيجة للأشعة المؤينة، هذا المؤشر يتعلق باحتمالية الإصابة بالسرطان مع العمر للأشخاص عن تعرضهم لجرعة إشعاعية مسرطنة معينة، ويمكن حسابه من المعادلة الآتية: (Tskin *et al.*, 2009)

$$ELCR = (AEDE) \times D_L \times D_F \dots\dots\dots(7)$$

حيث أن:

$D_L$ : يمثل معدل العمر ويقدر بـ 70 سنة.

$D_F$ : يمثل عامل الإصابة بالسرطان ويساوي ( $0.05 \text{ Sv}^{-1}$ ) حسب اللجنة الدولية للحماية الإشعاعي (ICRP 60). (Tskin *et al.*, 2009)

#### 6- مؤشر الخطر الخارجي ( $H_{ex}$ ) والخطر الداخلي ( $H_{in}$ )

يستخدم مؤشر الخطورة على نطاق واسع، إذ يعكس مدى خطورة التعرض للإشعاعات الطبيعية، ويمثل مؤشر الخطورة الخارجي ( $H_{ex}$ ) التعرض الخارجي للإشعاع الخاص بأشعة كما نتيجة وجودة النويدات المشعة المحددة، أما مؤشر الخطورة الداخلي ( $H_{in}$ ) فيمثل التعرض الداخلي للرادون ووليداته، ويستخدم مجموع نسب حاصل قسمة الفعالية النوعية للنويدات المشعة الثلاث ( $^{40}\text{K}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ) على قيمة محددة لتلك النوية لتحديد مقدار خطورته، وهذه القيم لها علاقة بمستوى الخطورة المسموح به لكل نوية.

ويمكن حساب مستوى الخطورة الخارجي ( $H_{ex}$ ) من العلاقة التالية: (Beretka and Matthew, 1985)

$$H_{ex} = \frac{A_{Ra}}{370} + \frac{A_{Th}}{259} + \frac{A_K}{4810} \leq 1 \dots\dots\dots(8)$$

وحساب مستوى الخطورة الداخلي ( $H_{in}$ ) من العلاقة الآتية: (Mahur *et al.*, 2008)

$$H_{in} = \frac{A_{Ra}}{180} + \frac{A_{Th}}{259} + \frac{A_K}{4810} \leq 1 \dots\dots\dots(9)$$

إن قيم مؤشر الخطورة الخارجي ( $H_{ex}$ ) وقيم مؤشر الخطورة الداخلي ( $H_{in}$ ) يجب أن تكون أقل أو مساوية للواحد (UNSCEAR, 2000).



### 7- مؤشر المستوى المثالي لأشعة كاما ( $I_Y$ )

يحسب هذا المؤشر من أجل معرفة مستوى خطورة أشعة كاما المرتبطة بالنويدات المشعة الطبيعية في العينات، كما في المواد المستخدمة في البناء بسبب كون أشعة كاما لها القدرة على النفاذ عبر أي مادة تعترض طريقها، ويتم حساب هذا المؤشر حسب المعادلة الآتية: (Kafala and Macmahon, 2008)

$$I_Y = \frac{A_{Ra}}{150} + \frac{A_{Th}}{100} + \frac{A_K}{1500} \leq 1 \quad \dots\dots\dots (10)$$

كما ان قيم مؤشر الخطورة لأشعة كاما يجب أن تكون أقل أو مساوية للواحد.

### 8- معدل الجرعة المكافئة للمحيط $H^*(10)$

يستخدم لتقدير خطر التعرض الإشعاعي للمحيط على صحة الإنسان، ان معدل الجرعة المكافئة عند ارتفاع 1 m عن مستوى سطح الأرض يكن حسابه باستعمال قيمة الفعالية النوعية لـ ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ) وكما في المعادلة الآتية: (Lee et al., 2023)

$$H^*(10) (nSv/h) = 0.674 A_{Ra} + 0.749 A_{Th} + 0.0512 A_K + 0.192 A_{Cs} \quad \dots\dots\dots (11)$$

### النتائج والمناقشة

يوضح (الجدول 2) مقدار الفعالية النوعية للنويدات المشعة الطبيعية ( $^{40}\text{K}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ) والصناعية ( $^{137}\text{Cs}$ ) في عينات تربة معمل سممت بادوش والبالغة (25) عينة، ويلاحظ من الجدول أن قيم الفعالية النوعية لـ  $^{226}\text{Ra}$  تراوحت بين (1.798±0.021 Bq/kg) و(16.243±0.921 Bq/kg) وبمعدل (12.785±1.035 Bq/kg)، وأن قيم مستويات الفعالية النوعية لـ  $^{232}\text{Th}$  تراوحت بين (1.325±0.124 Bq/kg) و (20.454±0.87 Bq/kg) وبمعدل (16.142±0.746 Bq/kg)، أما بالنسبة لـ  $^{40}\text{K}$  فإن قيم الفعالية النوعية تراوحت بين (12.424±0.58 Bq/kg) و (206.8±5.93 Bq/kg) وبمعدل (153.903±4.98 Bq/kg)، وكذلك فإن قيم الفعالية النوعية لـ  $^{137}\text{Cs}$  تراوحت بين (0.114 ±0.094 Bq/kg) و (3.226 ±0.27 Bq/kg) وبمعدل (0.635±0.18 Bq/kg).

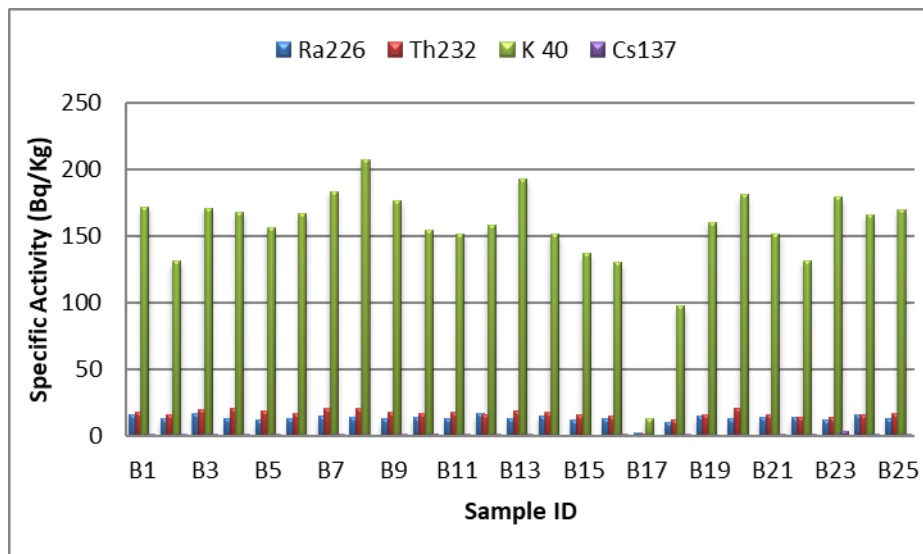
إن مستويات الفعالية النوعية للنويدات المشعة الطبيعية في جميع العينات كانت ضمن المدى المسموح به عالمياً والمحددة من قبل (UNSCEAR, 2010) والبالغة Bq/kg (32، 45، 412) لكل من  $^{226}\text{Ra}$  و  $^{232}\text{Th}$  و  $^{40}\text{K}$  على الترتيب.

ويوضح الشكل (7) مستويات الفعالية النوعية ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ) في عينات تربة معمل سممت بادوش.

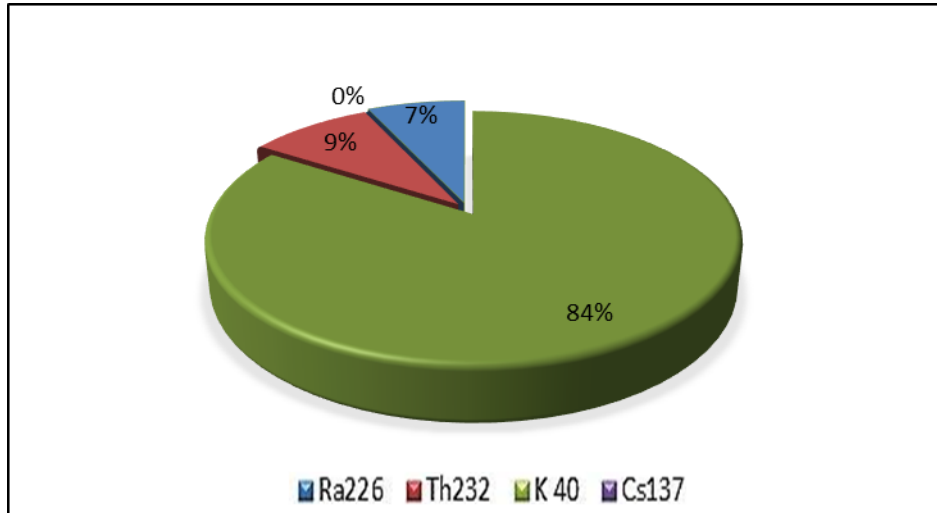
ويوضح الشكل (8) نسبة مساهمة النويدات المشعة ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ) في مقدار الإشعاع الكلي في عينات تربة معمل سممت بادوش، إذ كانت نسبة المساهمة الأكبر في معدل النشاط الإشعاعي لـ  $^{40}\text{K}$  و  $^{232}\text{Th}$  ثم  $^{226}\text{Ra}$  ثم  $^{137}\text{Cs}$  وينسب مساهمة (84%، 9%، 7%، 0%) على الترتيب. ان التباين في قيم تراكيز الفعالية النوعية ناتج عن الاختلافات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية للتربة في تلك المناطق (UNSCEAR, 2000).

الجدول 2: قيم مستويات الفعالية النوعية ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ) في عينات التربة بوحدة (Bq/kg) في تربة  
معمل سميت بادوش

Specific Activity (Bq/kg)				
Sample ID	$^{226}\text{Ra}$	$^{232}\text{Th}$	$^{40}\text{K}$	$^{137}\text{Cs}$
B1	15.466±1.1188	17.457±0.815	171.7±5.372	0.411±0.131
B2	12.457±1.019	15.574±0.671	130.4±4.627	0.458±0.133
B3	16.111±0.9871	19.094±0.79	170.4±4.953	0.433±0.161
B4	12.246±1.2377	20.18±0.529	167.8±5.04	0.747±0.12
B5	11.298±1.1324	18.37±0.577	156.3±9.002	0.55±0.135
B6	12.747±0.8954	16.633±0.616	166.4±4.962	ND
B7	14.945±1.0139	20.245±0.708	183.2±5.782	0.22±0.096
B8	13.813±1.0797	20.218±0.916	206.8±5.938	ND
B9	12.273±1.1794	17.04±0.913	176.1±5.186	0.214±0.991
B10	13.135±1.1713	16.272±0.946	154.1±5.128	1.549±0.178
B11	12.694±0.948	17.075±0.728	151.4±4.873	0.26±0.137
B12	16.243±0.9214	15.723±0.914	157.6±4.988	0.454±0.152
B13	12.734±1.185	18.771±0.775	192.5±5.15	0.255±0.098
B14	14.696±1.1983	17.246±0.684	151±4.827	ND
B15	11.509±1.1192	15.033±0.75	136.5±4.459	ND
B16	12.339±1.04	14.378±0.696	129.5±4.476	0.761±0.168
B17	1.798±0.02147	1.325±0.124	12.424±0.585	ND
B18	9.797±1.1192	12.088±0.68	96.86±3.647	0.352±0.124
B19	14.465±0.9739	15.47±0.853	160.1±4.768	ND
B20	12.49±1.1055	20.454±0.878	180.8±5.45	ND
B21	13.405±1.1981	15.58±1.026	151.4±4.943	0.339±0.104
B22	13.181±0.9875	14.051±0.743	131±4.543	0.114±0.094
B23	11.364±0.8954	13.158±0.734	178.8±5.398	3.226±0.27
B24	15.486±1.028	15.871±0.799	165.5±5.042	0.321±0.106
B25	12.938±1.3161	16.25±0.804	169±5.388	0.769±0.168
Min	1.798±0.02147	1.325±0.124	12.424±0.585	0.114±0.094
Max	16.243±0.9214	20.454±0.878	206.8±5.938	3.226±0.27
Ave.	12.785±1.035	16.142±0.746	153.903±4.98	0.635±0.187



الشكل 7: يوضح مستويات الفعالية النوعية ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ) بوحدة (Bq/kg) في عينات التربة القريبة  
من معمل سميت بادوش

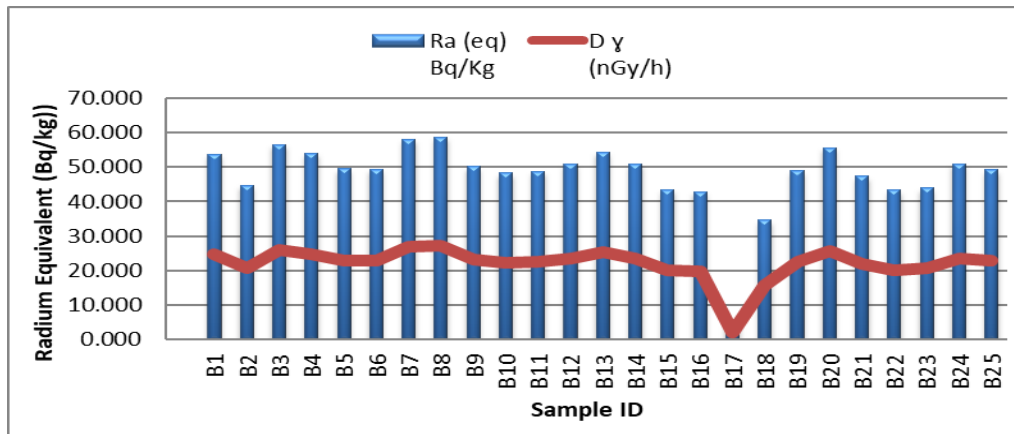


الشكل 8: يوضح المساهمة النسبية للنويدات المشعة ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ) من الإشعاع الكلي في عينات التربة القريبة من معمل سميت بادوش

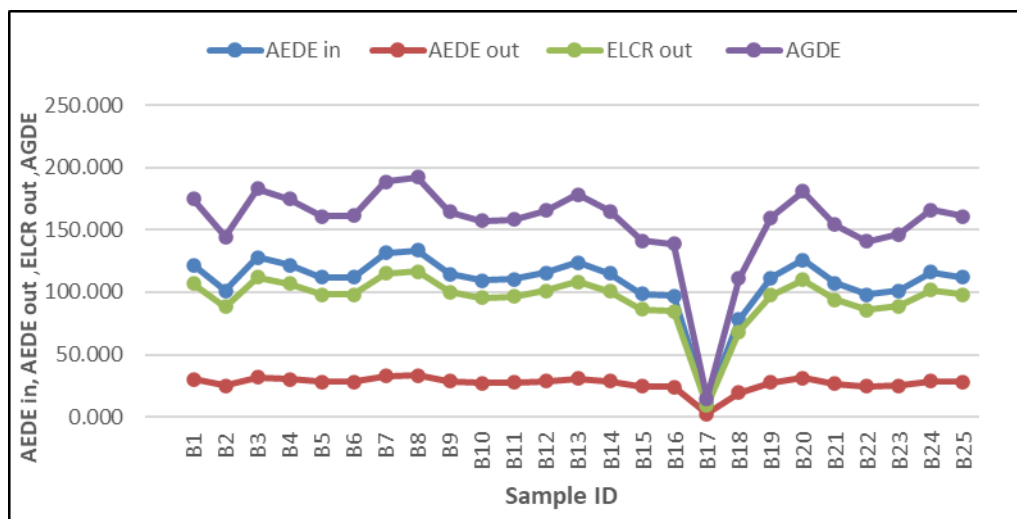
ومن ثم فقد تم حساب مؤشرات الخطورة الإشعاعية تبعاً لقيم الفعالية النوعية للنويدات المشعة الطبيعية ( $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ) والصناعية ( $^{137}\text{Cs}$ ) في عينات التربة وكما موضح في (الجدول 3). حيث يبين الجدول قيم مؤشرات الخطورة وفق التراكيز الإشعاعية لتلك النويدات المشعة في منطقة الدراسة، وإن قيمة مكافئ الراديوم ( $\text{Ra}_{\text{eq}}$ ) تراوحت بين ( $4.649 \text{ Bq/kg}$ ) و ( $58.648 \text{ Bq/kg}$ ) وبمعدل ( $47.719 \text{ Bq/kg}$ )، وكما موضح في الشكل (9)، وهي أقل من القيم المعتمدة عالمياً والبالغة ( $370 \text{ Bq/kg}$ ) (UNSCEAR, 2000). أما معدل الجرعة الممتصة في الهواء ( $D_{\gamma}$ ) فقد تراوحت قيمته بين ( $2.149 \text{ nGy/h}$ ) و ( $27.217 \text{ nGy/h}$ ) وبمعدل ( $22.074 \text{ nGy/h}$ )، وكما موضح في الشكل (9)، وهو أقل من المعدل المحدد عالمياً والبالغ ( $55 \text{ nGy/h}$ ). وتم حساب قيم مكافئ الجرعة الفعالة السنوية للتعرض الداخلي ( $\text{AEDE}_{\text{in}}$ ) والخارجي ( $\text{AEDE}_{\text{out}}$ )، وكانت قيم ( $\text{AEDE}_{\text{in}}$ ) تتراوح بين ( $10.542$ – $133.515 \text{ Sv/y}$ ) وبمعدل ( $108.288 \mu\text{Sv/y}$ )، وقيم ( $\text{AEDE}_{\text{out}}$ ) تراوحت بين ( $2.636$ – $33.379 \text{ Sv/y}$ ) وبمعدل ( $27.072 \mu\text{Sv/y}$ )، وكما موضح في الشكل (10). إن هذه القيم هي ضمن المعدلات المسموحة دولياً والبالغة ( $1000 \mu\text{Sv/y}$ ) (UNSCEAR, 2000). وقد تم حساب مؤشر الإصابة بالسرطان مدى الحياة (ELCR)، وقد تراوحت قيمه بين  $9.225 \times 10^{-6}$  و  $116.826 \times 10^{-6}$  وبمعدل  $94.752 \times 10^{-6}$ ، وكما موضح في الشكل (10) وهو ضمن القيمة المسموحة دولياً والتي تبلغ  $290 \times 10^{-6}$ . أما مؤشرات الخطورة الخارجية ( $H_{\text{ex}}$ ) والداخلية ( $H_{\text{in}}$ ) فقد تم حسابها ووجد أن قيم ( $H_{\text{ex}}$ ) تتراوح بين ( $0.013$ ) و ( $0.158$ ) وبمعدل ( $0.129$ )، وكذلك فإن قيمة ( $H_{\text{in}}$ ) تراوحت بين ( $0.018$ ) و ( $0.199$ ) وبمعدل ( $0.165$ )، وتم تعيين دليل أشعة كاما ( $I_{\gamma}$ )، وتراوحت قيمه بين ( $0.034$ ) و ( $0.432$ ) وبمعدل ( $0.349$ )، وكما موضح في الشكل (11). إن قيم ( $I_{\gamma}$ ,  $H_{\text{in}}$ ,  $H_{\text{ex}}$ ) كانت ضمن القيمة العالمية والمحدد بالواحد (UNSCEAR, 2000). أما مؤشر الجرعة المكافئة للغدد التناسلية (AGDE) فقد تراوحت قيمته بين ( $14.995 \mu\text{Sv/y}$ ) و ( $192.129 \mu\text{Sv/y}$ ) وبمعدل ( $155.306 \mu\text{Sv/y}$ )، وكما موضح في الشكل (10)، ووجد أنه ضمن المعدلات المعتمدة عالمياً والبالغة ( $300 \mu\text{Sv/y}$ ) (UNSCEAR, 2000). وكذلك تم حساب معدل الجرعة المكافئة للمحيط ( $H^*$ ) وكانت قيمته تتراوح بين ( $3.03 \text{ nSv/h}$ ) و ( $35.233 \text{ nSv/h}$ ) وبمعدل ( $29.2369 \text{ nSv/h}$ )، وكما موضح في الشكل (12).

الجدول 3: قيم مؤشرات المخاطر الإشعاعية المحسوبة في عينات التربة قيد الدراسة

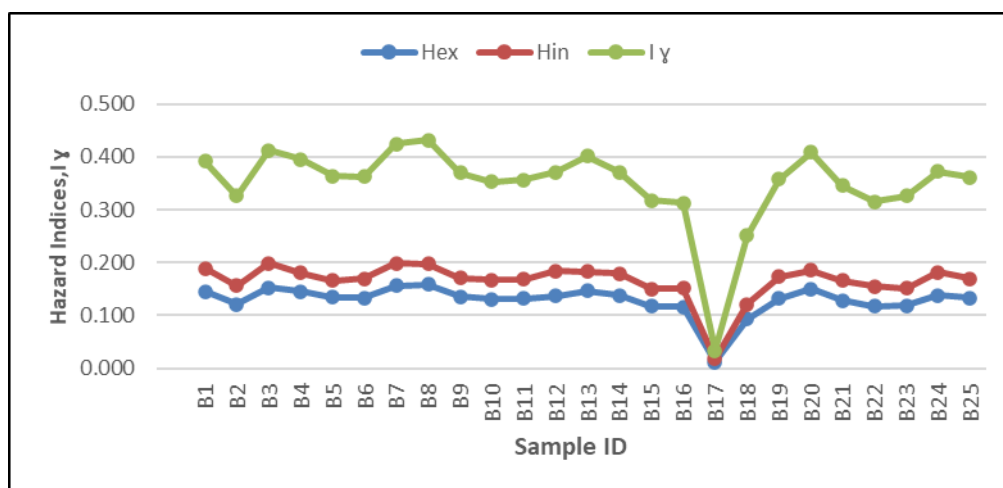
Sample ID	Ra <sub>eq</sub> (Bq/kg)	D <sub>γ</sub> (nGy/h)	AEDE (μSv/y)		ELCR <sub>out</sub> × 10 <sup>-6</sup>	Hazard Indices		I <sub>γ</sub>	AGDE (μSv/y)	H*(10)nSv/h
			AEDE <sub>in</sub>	AEDE <sub>out</sub>		H <sub>ex</sub>	H <sub>in</sub>			
B1	53.650	24.849	121.900	30.475	106.66	0.145	0.189	0.392	174.674	32.89
B2	44.769	20.600	101.053	25.263	88.42	0.121	0.156	0.326	144.537	27.38
B3	56.536	26.082	127.947	31.987	111.95	0.153	0.199	0.412	183.102	34.50
B4	54.024	24.844	121.873	30.468	106.63	0.146	0.181	0.395	174.882	32.89
B5	49.602	22.833	112.009	28.002	98.008	0.134	0.166	0.363	160.776	30.11
B6	49.345	22.874	112.212	28.053	98.18	0.133	0.170	0.362	161.164	29.76
B7	58.002	26.772	131.333	32.833	114.91	0.157	0.199	0.424	188.329	35.02
B8	58.648	27.217	133.515	33.379	116.82	0.158	0.198	0.432	192.129	35.23
B9	50.200	23.306	114.328	28.582	100.03	0.136	0.171	0.370	164.446	30.45
B10	48.270	22.323	109.506	27.376	95.81	0.130	0.168	0.353	156.992	30.67
B11	48.769	22.491	110.333	27.583	96.54	0.132	0.168	0.356	158.138	29.54
B12	50.862	23.573	115.639	28.910	101.18	0.137	0.184	0.371	165.399	31.43
B13	54.399	25.248	123.857	30.964	108.37	0.147	0.183	0.401	178.256	32.94
B14	50.985	23.503	115.296	28.824	100.88	0.138	0.180	0.371	164.913	30.74
B15	43.517	20.089	98.549	24.637	86.23	0.118	0.150	0.318	141.262	26.19
B16	42.871	19.785	97.058	24.264	84.92	0.116	0.151	0.312	138.891	26.66
B17	4.649	2.149	10.542	2.636	9.225	0.013	0.018	0.034	14.995	3.03
B18	34.541	15.866	77.834	19.459	68.105	0.093	0.121	0.251	111.215	21.16
B19	48.915	22.703	111.371	27.843	97.45	0.132	0.173	0.358	159.633	29.72
B20	55.661	25.664	125.897	31.474	110.16	0.150	0.186	0.408	180.863	33.18
B21	47.342	21.917	107.515	26.879	94.076	0.128	0.166	0.346	154.085	28.98
B22	43.361	20.039	98.304	24.576	86.016	0.117	0.155	0.316	140.596	26.42
B23	43.948	20.654	101.318	25.330	88.653	0.119	0.151	0.327	146.258	30.08
B24	50.925	23.642	115.978	28.995	101.48	0.138	0.182	0.372	166.160	31.31
B25	49.189	22.840	112.042	28.011	98.037	0.133	0.170	0.361	160.969	30.50
Min	4.649	2.149	10.542	2.636	9.225	0.013	0.018	0.034	14.995	3.03
Max	58.648	27.217	133.515	33.379	116.82	0.158	0.199	0.432	192.129	35.23
Ave.	47.719	22.074	108.288	27.072	94.75	0.129	0.165	0.349	155.306	29.23
Worldw Ave. ide	370	55	1000	1000	290	1	1	1	-	-



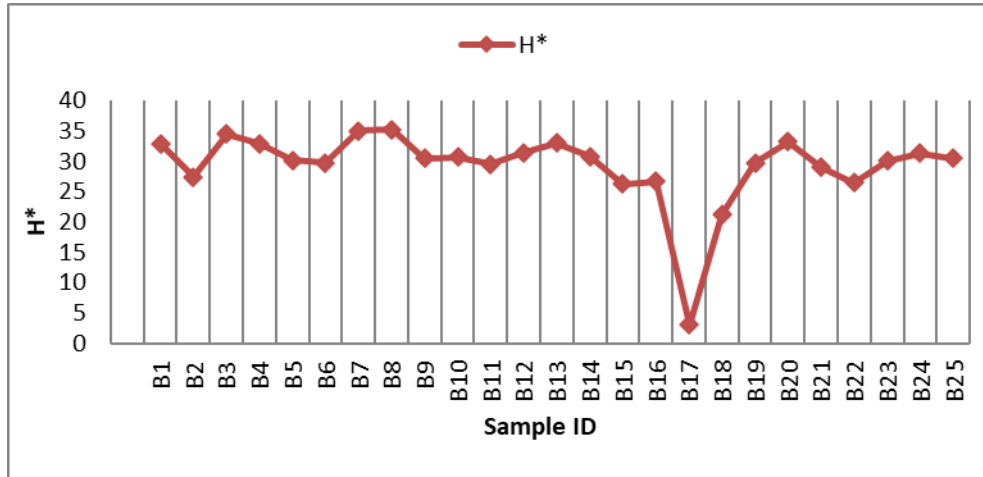
الشكل 9: يوضح تغير قيم مكافئ الراديوم ( $Ra_{eq}$ ) ومعدل الجرعة الممتصة لأشعة كاما ( $D_{\gamma}$ ) مع مواقع عينات التربة القريبة من معمل سميت بادوش



الشكل 10: يوضح تغير قيم الجرعة الفعالة الخارجية ( $AEDE_{out}$ ) والداخلية ( $AEDE_{in}$ ) ومؤشر خطر الإصابة بالسرطان ( $ELCR_{out}$ ) والجرعة المكافئة للغدد التناسلية ( $AGDE$ ) مع مواقع العينات



الشكل 11: يوضح تغير قيم مؤشر الخطر الخارجي ( $Hex$ ) ومؤشر الخطر الداخلي ( $Hin$ ) دليل أشعة كاما ( $I_{\gamma}$ ) مع مواقع عينات التربة القريبة من معمل سميت بادوش



الشكل 12: يوضح تغيير القيم معدل الجرعة المكافئة للمحيط  $H^*(10)$  في مواقع العينات

وقد تم مقارنة قيم معدلات الفعالية النوعية للنويدات المشعة التي تم الحصول عليها في هذه الدراسة مع عدد من البحوث المحلية والعالمية، وكانت قيم  $^{226}\text{Ra}$  متقاربة مع تركيا ومنطقة ربيعة في محافظة نينوى، وقيم  $^{232}\text{Th}$  متقاربة مع المملكة العربية السعودية ومنطقة ربيعة، وقيم  $^{40}\text{K}$  متقاربة مع مصر، وقيم  $^{137}\text{Cs}$  متقاربة مع كوريا الجنوبية وكما موضح في (الجدول 4).

الجدول 4: مقارنة معدل الفعالية النوعية لكل من ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ) في عينات التربة المختلفة في بعض البلدان مع نتائج الدراسة الحالية

Country	Specific Activity (Bq/kg)				References
	$^{226}\text{Ra}$	$^{232}\text{Th}$	$^{40}\text{K}$	$^{137}\text{Cs}$	
South Korea	21.9	11.1	661	0.9	Lee <i>et al.</i> , 2023
Turkey	60.2	50.1	631	5.5	Turhan, 2023
Turkey	11.65	9.55	369.43	4.57	Isel <i>et al.</i> , 2023
Bangladesh	27	64	762	-	Dina <i>et al.</i> , 2022
Iran	17.61	35.91	398.65	4.01	Shahroudi and Pourimani, 2023
Egypt	20.35	10.52	158.16	0.13	Mansour <i>et al.</i> , 2021
Saudi Arabia	21.16	18.80	202.15	0.16	Mansour <i>et al.</i> , 2021
Iraq, Kirkuk	57.8	25.4	479.9	4.2	Taqi and Namp, 2022
Iraq, Duhok	21.6	35.4	438	1.0	Abdullah and Ahmed, 2012
Iraq, Kurdistan	14.1	6.8	281	7.1	Smail <i>et al.</i> , 2021
Iraq, Rabia	12.85	19.66	214.52	-	Wais <i>et al.</i> , 2023
Iraq, Badoosh	12.78	16.14	153.9	0.635	Present study
Worldwide Ave.	32	45	412	-	UNSCEAR, 2010

### الاستنتاجات

تم حساب مستويات الفعالية النوعية للنويدات المشعة الطبيعية ( $^{40}\text{K}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ) والصناعية ( $^{137}\text{Cs}$ ) في (25) عينة من تربة معمل سممت بادوش في محافظة نينوى، وأظهرت النتائج إن قيم الفعالية النوعية للنويدات المشعة كانت ضمن الحد المسموح به عالمياً، وإن التباين في قيم الفعالية النوعية في عينات التربة المدروسة ناتج عن الاختلافات الفيزيائية والكيميائية والجيولوجية للتربة في تلك المنطقة.

ومن ثم فقد تم حساب مؤشرات المخاطر الإشعاعية تبعاً لقيم الفعالية النوعية للنويدات، وكانت جميع قيم مؤشرات الخطورة المحسوبة ضمن الحدود الموصى بها عالمياً.

وبذلك يمكن الاستنتاج إلى عدم وجود مخاطر صحية إشعاعية على العمال العاملين في معمل السممت قيد الدراسة والسكان القريبين من تلك الموقع.



## المصادر

- Abdullah, K.; Ahmed, M. (2012). Environmental and radiological pollution in Creek sediment and water from Duhok, Iraq. *The Nucl. A Quarterly Sci. J. Pakistan Atom. Energy Comm.*, **49**(1), 49-59.
- Ali, K.K.; Awadh, S.M.; Al-Auweidy, M.R. (2014). Assessment natural radioactivity of marl as raw material at Kufa cement quarry in Najaf Governorate. *Iraqi J. Sci.*, **55**(2), 454-462.
- Beretka, J.; Matthew, P.J. (1985). Natural radioactivity of Australian building materials, Industrial Wastes and By- products. *Health Phys.*, **48**(1), 87-95. <https://doi.org/10.5860/choice.48-3900>.
- Dina, N.T.; Das, S.C.; Kabir, M.Z.; Rasul, M.G.; Deebea, F.; Rajib, M.; Islam, M.S.; Hayder, M.A.; Ali, M.I. (2022). Natural radioactivity and its radiological implications from Soils and rocks in Jaintiapur area, North east Bangladesh. *J. Radio Analyt. Nucl. Chem.*, **331**, 4457-4468. <https://doi.org/10.1007/s10967022-08562-0>
- El-Taher, A.; Najam, L.A.; Oraibi, A.H.; Isinkaye, M.O. (2017). Effect of cement factory exhaust on radiological contents of surrounding soil samples in Assuit Province, Egypt. *J. Phy. Sci.*, **28**(3), 137-150.
- Fischer, B.E.; Spohr, R. (1983). Production and use of nuclear tracks: Imprinting structure on solids: Nuclear tracks 1. Superfluidity 2. Heavy-ion lithography 3. Prospects of scanning ion microbeams IV. Conclusion Acknowledgments. *Reviews of Modern Phy.*, **55**(4).
- Grupen, C.; Rodgers, M. (2016). "Radioactivity and Radiation". Springer International publishing. <https://doi.org/10.1007/S10967-021-08064-5>.
- Hamoo, Z.N.; Najam, L.A. (2020). Assessment of radiation hazard in soil samples from selected areas of Mosul city in Iraq. *Raf. J. Sci.*, **29**(2), 86-94.
- Isel, P.; Sahin, L.; Hafi zoglu, E.; Mülâyim, A. (2023). Natural and artificial radioactive pollution in sediment and soil samples of the Bosphorus, Istanbul. *Environm. Sci. Pollut. Res.*, **30**, 70937-70949. <https://doi.org/10.1007/s111-56-023-27455-7>.
- Kafala, S.I.; MacMahon, T.D. (2007). Comparison of neutron activation analysis methods. *J. Radio. Nucl. Chem.*, **271**, 507-516. <https://doi.org/10.1007/s10967-007-0238-6>
- Kolo, M.T.; Amin, Y.M.; Khandaker, M.U.; Abdullah, W.H.B. (2017). Radionuclide concentrations and excess lifetime cancer risk due to gamma radioactivity in tailing enriched soil around Maiganga coal mine, Northeast Nigeria. *Internat. J. Rad. Res.*, **15**(1), 71-80. <https://doi.org/10.18869/acadpub.ijrr.15.1.71>.
- küçükönder, E.; Gümbür, S.; Söğütö. Ö.; Doğru, M. (2023). Natural radioactivity in soil samples taken from Kahramanmaraş Provincial Center. *Environ. Geochem. Health*, **45**, 5245-5259.
- Lee, J.; Kim, H.; kye, Y.U.; Lee, D.Y.; Jo, W.S.; Lee, C.G.; Kim, J.K.; Baek, J.H. ; Kang, Y.R. (2023). Activity concentrations and radiological hazard assessments of  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  in soil sample obtained from Dongham institute of Radiological and Medical Science, Korea. *Nucl. Engineer. and Technol.*, **55**(7), 2388-2394.
- Mahur, A.K.; Kumar, R.; Sonkawade, R.G.; Sengupta, D.; Prasad, R. (2008). Measurement of natural radioactivity and radon exhalation rate from rock samples of Jaduguda uranium mines and its radiological implications. *Nucl. Instrum. Methods Phy. Res., Section B: Beam Interact. with Mater. and Atoms*, **266**(8), 1591-1597. <https://doi.org/10.1016/j.nimb.2008.01.056>.
- Mansour, H.; Najam, L.A.; Abd El-Azeem, S.A. (2022). Determination and distribution map for radionuclides in soil samples from different location by gamma spectrometry using software analysis. *Atom. Indonesia.*, **48**(3), 179-184. <http://aij.batan.go.id>.
- Marie, Z.M.; Najam, L.A. (2022). Evaluation of natural radioactivity and radiological hazard indicators in soil samples from the environment of Al-Kasik oil refinery in Nineveh Governorate in Iraq. *Arab J. Nucl. Sci. Applicat.*, **55**(4), 57-66.
- Najam, L.A.; Younis, S.A. (2015). Assessment of natural radioactivity level in soil samples for

- selected regions in Nineveh Province (IRAQ). *International J. Novel Res. in Phy. Chem. Math.*, **2**(2), 1–9.
- Najam, L.A.; AL-Jomaily, F.; AL-Farha, E. (2011). Natural radioactivity levels of limestone rocks in the northern Iraq using gamma Spectroscopy and nuclear track detector. *J. Radio Analyt. Nucl. Chem.*, **289**(3), 709-715.
- Örgün, Y.; Altinsoy, N.; Şahin, S.Y.; Güngör, Y.; Gültekin, A.H.; Karahan, G.; Karacik, Z. (2007). Natural and anthropogenic radionuclides in rocks and beach sands from Ezine region (Çanakkale), Western Anatolia, Turkey. *Appl. Radiat. and Isotopes*, **65**(6), 739–747. <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2006.06.011>.
- Pöschl, M.; Nollet, L.M.L. (2007). “Radionuclide Concentrations in Food and the Environment”. CRC Press.
- Shahroudi, S.M.M.; Pourimani, R. (2022). Emission pattern of NORMS and  $^{137}\text{Cs}$  in the sediments of the Gaz river and the Gorgan Bay, North Iran. *Iranian J. Sci.*, **47**, 589–599. <https://doi.org/10.1007/540995-023-01417-7>
- Smail, J.M.; Ahmad, S.T.; Mansour, H.H. (2021). Estimation of natural radioactivity levels in the soil along the Little Zab River, Kurdistan Region in Iraq. *J. Radioanalyt. Nucl. Chem.*, **331**, 119–128.
- Taqi, A.H.; Namq, B.F. (2022). Radioactivity distribution in soil samples of the Baba Gurgur dome of Kirkuk oil field in Iraq. *Internat. J. Environm. Analytical Chem., Online* (00), 1–19.
- Taskin, H.; Karavus, M. G.; Ay, P.; Topu zoglu, A.H.M.; Hidiroglu, S.E.Y.; Karahan, G. (2009). Radionuclide concentrations in soil and lifetime cancer risk due to gamma radioactivity in Kırklareli, Turkey. *J. Environm. Radioact.*, **100**(1), 49-53.
- Turhan, S. (2022). Radiological assessment of urban soil samples in the residents of a central Anatolian Volcanic province, Turkey. *Internat. J. Environm. Health Res.*, **20**, 1-14. <https://doi.org/10.1080/09603123-2022.2078-797>
- UNSCEAR. (1993). “Sources and Effects of Ionizing Radiation, Report to the General Assembly”. In New York, USA. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2017.05.004>
- UNSCEAR. (2000). “Sources and Effects of Ionizing Radiation, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation”. UNSCEAR, 2000. Report to the General Assembly, with Scientific Annexes. In UNSCEAR, 2000. Report: Vol. I.
- UNSCEAR. (2010). “Sources and Effects of Ionizing Radiation, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation”. UNSCEAR, 2010. Report to the General Assembly, with Scientific Annexes.
- Wais, T.Y.; Ali, F.N.M.; Najam, L.A.; Mansour, H.; Mostafa, M.Y.A. (2023). Assessment of natural radioactivity and radiological hazards of Soil collected from rabia town in nineveh governorate (North Iraq). *Phys. Scirpta.*, **98**(2023), 065304. <https://doi.org/10.1088/1402-4896/acd732>
- Wais, T.; Najam, L. (2021). Radiological hazard assessment of radionuclides in sediment samples of Tigris river in Mosul city, Iraq. *Arab J. Nucl. Sci. and Applicat.*, **55**(1), 45-52. <https://doi.org/10.21608/ajnsa.2021.72644.146>.
-

## Assessing the Levels of Radioactivity and Evaluating the Radiation Hazards in Soil Samples of Badoosh Cement Plant in Nineveh Governorate, Iraq

**Ali I. Yaseen**

**Laith A. Najam**

*Department of Physics/ College of Science/ University of Mosul*

**Joseph E. Ndjana Nkoulou ||**

*Center of Research for Nuclear Science and Technology/ Institute of Geological and Mining Research/ PO Box 4110/ Yaoundé/ Cameroon*

**Abbasher M. Gism Elseed**

*Department of Physics/ College of Science/ Sultan Qaboos University/ Sultanate of Oman*

### ABSTRACT

The aim of this study is to measure the radioactivity levels in the soil of the area around Badoosh cement plant, and to evaluate the radiological hazards of radionuclides. We used gamma-spectroscopy with an (HPGe) detector to estimate the specific activities of natural ( $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$ ) and artificial ( $^{137}\text{Cs}$ ) radionuclides in the soil of Badoosh cement plant.

The results show that the mean value of specific activity of  $^{226}\text{Ra}$  is ( $12.78 \pm 1.035 \text{ Bq/kg}$ ), and for  $^{232}\text{Th}$  the mean value is ( $16.142 \pm 0.74 \text{ Bq/kg}$ ), and for  $^{40}\text{K}$  it was ( $153.903 \pm 4.98 \text{ Bq/kg}$ ), and the mean value for  $^{137}\text{Cs}$  is ( $0.6351 \pm 0.18 \text{ Bq/kg}$ ).

Radiological hazard indices were determined according to the activity concentration of the radionuclides in the area under study. The mean value of radium equivalent ( $\text{Ra}_{\text{eq}}$ ) is ( $47.719 \text{ Bq/kg}$ ), while the mean value of absorbed dose ( $D_{\gamma}$ ) is ( $22.074 \text{ nGy/h}$ ). The values were measured for the indoor equivalent annual effective dose ( $\text{AEDE}_{\text{in}}$ ) and outdoor equivalent ( $\text{AEDE}_{\text{out}}$ ), the mean value of ( $\text{AEDE}_{\text{in}}$ ) is ( $108.288 \mu\text{Sv/y}$ ), and the mean value of ( $\text{AEDE}_{\text{out}}$ ) is ( $27.072 \mu\text{Sv/y}$ ), and the mean value of the excess life time cancer risk (ELCR) is ( $94.752 \times 10^{-6}$ ).

When measuring the external ( $H_{\text{ex}}$ ) and internal ( $H_{\text{in}}$ ) radiological indices, the mean value for ( $H_{\text{ex}}$ ) is (0.129) and the mean value for ( $H_{\text{in}}$ ) is (0.165). While the mean value for gamma radiation index ( $I_{\gamma}$ ) is (0.349). The mean value of the annual gonadal dose equivalent (AGDE) is ( $155.306 \mu\text{Sv/y}$ ) and the mean value of the ambient dose equivalent rate  $H^*(10)$  is ( $29.236 \text{ nSv/h}$ ).

The radiological hazard Indices were within the internationally accepted limits recommended by UNSCEAR; thus, it can be concluded that there are no radiological hazards due to the direct and continuous exposure of radiation on working workers in this cement plant and organisms that live in this region.

**Keywords:** Radiological Hazard, Absorbed dose, gamma spectroscopy with (HPGe) detector, soil samples, Nineveh Governorate.