

النشاط الإشعاعي الطبيعي الناتج عن خشب السويد المستخدم في مباني مدينة حمص

إعداد الطالبة خولة عبد الله الفرج

إشراف أ.د. عبد الهادي صوفان

الملخص:

يهدف هذا البحث إلى تحديد مستويات النشاط الإشعاعي الطبيعي وحساب الجرعات الإشعاعية الناتجة عن خشب السويد بنوعيه المستورد والمحلي، الأكثر استخداماً في مباني مدينة حمص، ومقارنتها بالمعايير العالمية. جُمعت العينات المختارة من خشب السويد من غابات تلكلخ، والشريط الشجري لطريق حمص-حماة، والشريط الشجري لطريق حمص-دمشق، كما جُمعت عينات أخرى من المناشر المحلية بمدينة حمص. خضعت العينات للطحن والتجفيف، وقيست عبر كاشف رقمي محمول من نوع (Digilert 50). سجلت الخلفية الطبيعية في المخبر ($0.08288 \mu\text{Sv/h}$)، وقيمة سنوية ($726 \mu\text{Sv/y}$). حيث أن الأخشاب المستوردة سجلت جرعة مقدارها ($181.538 \mu\text{Sv/y}$) للخشب نوع موسكي، و($112.315 \mu\text{Sv/y}$) خشب نوع عزيبي، في حين بلغت الجرعة السنوية للأخشاب المحلية ($173.342 \mu\text{Sv/y}$)، وتبين لنا أن خشب العزيبي هو الأقل مساهمة في الجرعة الإشعاعية بمقدار 4.7%. وأن متوسط الجرعة الناتجة عن أخشاب الموسكي تشكل 7.6% من المتوسط العالمي للإشعاع الطبيعي الكلي. نستنتج أن استخدام هذه الأخشاب في المباني بحمص يعد آمناً تماماً ويتفق مع معايير السلامة العالمية.

الكلمات المفتاحية: خشب السويد، الصنوبر البروتي، النشاط الإشعاعي، كاشف Digilert 50، الجرعة الفعالة.

Natural Radioactivity Resulting from Swedish Wood Used in Buildings of Homs City

Khawla Abdullah Al-Faraj

Prof. Dr. Abdul Hadi Soufan

Abstract:

This study aims to determine the levels of natural radioactivity and to calculate the radiation doses associated with Swedish wood, both imported and locally sourced, which is widely used in the buildings of Homs city. Selected samples of Swedish wood were collected from the forests of Talkalakh, the tree belt along the Homs–Hama highway, and the tree belt along the Homs–Damascus highway, in addition to samples obtained from local sawmills in Homs. The samples were ground, dried, and stored, then measured using a portable digital detector (Digilert 50).

The laboratory background radiation was recorded at $0.08288 \mu\text{Sv/h}$, corresponding to an annual value of $726 \mu\text{Sv/y}$. The imported wood samples exhibited annual dose values of $181.538 \mu\text{Sv/y}$ for Mousky wood and $112.315 \mu\text{Sv/y}$ for Azezi wood, while the annual dose for local wood reached $173.342 \mu\text{Sv/y}$. The results indicate that Azezi wood contributes the least to the radiation dose, at 4.7%, whereas the average dose from Mousky wood represents 7.6% of the global average of total natural background radiation. These findings confirm that the use of such wood in buildings across Homs is entirely safe and complies with international radiation protection standards.

Keywords: Swedish Wood, Pinus brutia, natural radioactivity, Digilert 50 detector, effective dose.

1- المقدمة:

يُعد النشاط الإشعاعي الطبيعي ، الناتج عن التحلل الطبيعي للنويدات المشعة الطبيعية، الموجودة في قشرة الأرض وأبرزها البوتاسيوم -40، الثوريوم -232، والراديوم -226 [3-2-1] .
الموجودة في مواد البناء من أهم مصادر تعرض الإنسان للإشعاع [4]. إذ يؤدي إشعاع غاما المنبعث من هذه النظائر المشعة الطبيعية إلى حدوث تعرض إشعاعي خارجي. وتكتسب مواد البناء صفاتها الإشعاعية لعدة أسباب، لعل أبرزها احتوائها على مواد خام ذات تراكيز مرتفعة من النشاط الإشعاعي الطبيعي. مما يفرض ضرورة المراقبة المستمرة للنشاط الإشعاعي النوعي لهذه المواد. ومن بين الطرق المستخدمة لتقليل جرعة التعرض الخارجي اختيار مواد ذات مستوى منخفض من النشاط الإشعاعي. ومن منظور السلامة الإشعاعية يُعد تقييم الجرعات الناتجة عن هذه النظائر أمراً بالغ الأهمية، خاصة وأن ارتفاع معدلات الجرعات الإشعاعية في الأماكن المغلقة غالباً ما يعزى إلى النشاط الإشعاعي العالي للنويدات المشعة الطبيعية في مواد البناء، لا سيما عند تعدد المصادر المصنعة الداخلة في الإنتاج [5]

ونظراً لأن الإنسان يتعرض بشكل مستمر للإشعاع الطبيعي، الذي يمثل المساهم الأكبر في الجرعة الإشعاعية الخارجية التي يتعرض لها عامة الناس [7-6]، فإن تقييم جرعات أشعة غاما، ذات المنشأ الطبيعي، يُعدّ ركيزة أساسية في مجال الرعاية الصحية.

وفي هذا الإطار يبرز انبعاث غاز الرادون كمصدر قلق إضافي إذ يُشكّل هذا الغاز الخامل المصدر الرئيسي للتعرض الإشعاعي الداخلي. ووفقاً للدراسات [8]، يُعزى ما يقارب 50% من إجمالي الجرعة الإشعاعية الناتجة عن المصادر الطبيعية إلى الرادون ونواتج تحلّله. ورغم أن التربة تظل المصدر الأساسي لهذا الغاز في البيئات الداخلية، إلا أن مواد البناء قد تتحول في حالات معينة إلى مصادر رئيسية له [9].

من المعروف أن الخشب، لكونه مادة عضوية منخفضة الكثافة المعدنية، لا يُعدّ مصدراً رئيسياً لانبعاث الرادون كما هو الحال في مواد البناء المعدنية الغنية بنظير Ra-226. وبناءً عليه، فإن الجرعة المقاسة في هذه الدراسة تعبر عن معدل جرعة أشعة غاما الخارجية الناتجة أساساً عن نظير K-40 المتراكم في الأنسجة الخشبية، لا عن مساهمة رادونية.

بناء" على ذلك، تبرز ضرورة اختيار مواد البناء بعناية وخاصة تلك المستخدمة في البناء، فالبوتاسيوم K^{40} يتواجد بتركيز مرتفعة في القشرة الأرضية، وينتقل عبر التربة الى الانسجة النباتية [10].
وتُعزى مصادر النويدات في الخشب أساساً إلى امتصاص الجذور للعناصر الذائبة في محلول التربة؛ إذ يُمتص $K-40$ بآلية فسيولوجية نشطة مماثلة لامتصاص البوتاسيوم المستقر لتشابههما الكيميائي، لينتقل عبر النسغ ويستقر في الأنسجة الخشبية. أما $Ra-226$ و $Th-232$ فينتقلان بمعدلات أقل لانخفاض ذوبانيتهما، ويقتصر تواجدهما غالباً على الترسيب السطحي أو الامتصاص السلبي عبر الجذور.

ومن هنا، ندرك أن اختيار مواد البناء لا يُعد قراراً معمارياً فقط، بل هو عامل مهم في تحديد جودة الهواء داخل المباني. فبينما تركز معظم الدراسات على المواد الإنشائية الثقيلة، تعتبر المواد العضوية—وعلى رأسها الخشب—كعنصر حيوي يتطلب تقييماً دقيقاً؛ ليس فقط لكونه مستودعاً محتملاً للنظير K^{40} ، بل لدوره الفاعل في التأثير على ديناميكية الغازات المشعة داخل المساكن.
كما أدى التلوث العالمي بالنويدات المشعة الاصطناعية، الناتج عن التجارب أو الحوادث النووية، إلى تلوث إشعاعي متفاوت في بعض النظم البيئية الحرجية. ونتيجةً لذلك، تترسب هذه النويدات الاصطناعية على الأشجار لتتضم الى النويدات الطبيعية الموجودة أصلاً في التربة. وتعتمد كمية هذه النويدات المترسبة في الخشب على عوامل متعلقة بفسولوجيا الشجرة الحية. ولكنها ترتبط أساساً بكمية وتوزيع النويدات في التربة، والتي تنتقل منها عبر آليات معقدة في الجذور، لتستقر في الخشب [11]. وبما أن الخشب المُصنَّع (سواءً كأثاث أو مواد بناء)، يتواجد بشكل دائم في بيئة الإنسان، فإن تلوثه يساهم مباشرة في زيادة معدل التعرض الإشعاعي. حيث تتراوح النسبة المقيسة للجرعة الاشعاعية داخل المباني مقارنة مع تلك المقيسة في الهواء الطلق بين 0.8 للمنازل الخشبية و2 من أجل بعض المنازل المبنية من مواد تحتوي تراكيز مرتفعة من النظائر المشعة [12]. ان المباني المشيدة من الخشب تساهم بشكل ضئيل جداً في زيادة مستويات الإشعاع داخل المباني ومقارنة بالخارج فإن مستويات التعرض للإشعاع داخل البيوت الخشبية قد تكون مماثلة للمستويات الموجودة في الهواء الطلق على عكس المباني المبنية من الحجر أو الخرسانة، سجلت أقل قيم جرعات الإشعاع الداخلي في دول مثل نيوزيلندا وأيسلندا والولايات المتحدة (أقل من 40 nGy/h) ويعود السبب في ذلك غالباً إلى استخدام الهياكل الخشبية في بناء المنازل [1]

حدود الجرعات المرجعية (UNSCEAR 2000/ ANNEX-B):

1- يبلغ متوسط الجرعة السنوية الفعالة للفرد من المصادر الأرضية الطبيعية حوالي 0.48 mSv/y .

2- يتراوح النطاق الطبيعي للجرعات السنوية من المصادر الأرضية (تربة ومواد بناء) بين $(0.3 - 0.6 \text{ mSv/y})$.

3- المتوسط العالمي للإشعاع الطبيعي (بما فيه الرادون) 2.4 mSv/y .

وعند تطبيق هذه الاعتبارات العلمية على الواقع العمراني في مدينة حمص، نجد أن خشب السويد بنوعيه المستورد (*Pinus sylvestris*) والمحلي (*Pinus brutia*) يمثل المادة الخشبية الأكثر استخداماً في البناء لخصائصه الاقتصادية والفيزيائية.

تقيم هذه الدراسة خشب السويد في مدينة حمص ضمن سعيها لسد الفجوة البحثية المتعلقة بالمواد الخشبية المحلية، وربط ذلك بالمعايير الدولية للوقاية الإشعاعية، لتوفير رؤية لمصادر الإشعاع الطبيعي في الأخشاب المستخدمة في مباني المدينة.

ونورد فيما يلي بعض قيم الجرعات في العالم والنتيجة عن الأخشاب:

يبلغ معدل الجرعة الناتجة عن خشب البناء (من ضمنه الصنوبر) في البرازيل $0.09 \pm 0.01 \text{ mSv/y}$ أي ما يعادل $90 \pm 10 \mu\text{Sv/y}$ وفقاً لدراسة [13].

وفي مصر يبلغ معدل الجرعة الناتجة عن خشب الصنوبر 7.32 nGy/h يقابلها جرعة فعالة مقدارها $35.8 \mu\text{Sv/y}$ ولوحظ أنها الأكبر من بين الأخشاب [14]

بينما سجلت دراسة حالة أمريكية جرعة إشعاعية قدرها $0.097 \mu\text{Sv/h}$ (97 nSv/h) كانت

مساهمة جدران الخشب فيها ضئيلة جداً $(0.00014 \mu\text{Sv/h})$ (0.14 nSv/h)

أظهرت تدني مستويات التعرض الإشعاعي في الأبنية الخشبية [15].

2- هدف البحث

تحديد النشاط الإشعاعي وقياس الجرعات الإشعاعية الناتجة عن خشب السويد المستخدم في مباني مدينة حمص ومقارنته بالمعايير العالمية.

3- مواد وطرائق البحث

1-3- توصيف العينات

يُطلق مصطلح «خشب السويد» تجارياً في السوق السورية على أخشاب الصنوبر عموماً، سواء المستوردة (الصنوبر الإسكتلندي *Pinus sylvestris*) أو المحلية (الصنوبر البروتي *Pinus brutia*)، لتشابههما الفيزيائي والاستخدامي في قطاع البناء؛ لذا اعتمد هذا المصطلح الشائع عنواناً للدراسة ليشمل الصنفين معاً.

اختيرت عينات الدراسة من أخشاب الصنوبر الشائعة الاستخدام في مباني مدينة حمص؛ وشملت نوعين رئيسيين:

1- **الصنوبر المحلي (الصنوبر البروتي):** جُمعت عيناته ميدانياً من الشريط الشجري المحاذي لطريقي حمص - دمشق، وحمص - حماه، وغابات منطقة تلكلخ.

2- **الصنوبر المستورد (الصنوبر الإسكتلندي):** المعروف تجارياً باسم خشب السويد وحُصِّل عليه من المناشر الصناعية المحلية في مدينة حمص، واختير منه الصنفان الأكثر شيوعاً: **خشب العزيزي** و**خشب الموسكي**.

وتجدر الإشارة إلى أن جميع العينات، المستوردة (من المناشر) والمحلية (المجموعة ميدانياً)، أُخذت حصراً من خشب الجذع بعد إزالة اللحاء، باعتباره الجزء التجاري المستخدم فعلياً في البناء، لضمان تجانس الأنسجة المقارنة وتقادي التباين الإشعاعي بين أجزاء الشجرة المختلفة.

2-3- تحضير العينات

أُخضعت العينات المجمعة لسلسلة من المعالجات الفيزيائية وفق الآتي:

قُطعت العينات وطُحِنت إلى نشارة ناعمة لضمان توزيع متجانس أمام نافذة الكاشف، ثم جُفِّت بتعريضها المباشر لأشعة الشمس.

واقترنت المعالجة على الطحن والتجفيف دون اللجوء إلى الحرق والرماد؛ للحفاظ على العينات بحالتها الفيزيائية المطابقة لصورة الخشب المستخدم فعلياً في البناء، إذ إن الحرق يُركّز النويدات في الرماد ويغيّر كثافة العينة وبنيتها، فلا يعود ممثلاً لسلوك الخشب الإشعاعي كما هو مستخدم في المبنى. كما

لم تُجرَ عملية ضغط، لأن الكاشف المستخدم كاشف مسح مباشر يقيس معدل الجرعة عند سطح العينة دون حاجة لتوحيد الهندسة الحجمية كما في أجهزة الطيف الغاما.

3-3- أجهزة القياس

استُخدم في هذا البحث كاشف إشعاعي رقمي محمول من نوع (Digilert 50) من شركة A.J. Cope & Sons Limited البريطانية ، المزود بنافذة ميكا (Mica) رقيقة تسمح بنفاذية عالية للإشعاعات النووية .

3-4- الحسابات الفيزيائية

تم حساب معدلات الجرعات الإشعاعية اعتماداً على العلاقات الرياضية (1) و(2)، قبل تطبيق المعادلتين (1) و(2)، طُرح معدل العدّ الخلفي للمختبر (المسجل دون وجود عينة) من معدل العدّ المقاس لكل عينة، واعتمد معدل العدّ الصافي الناتج في حساب معدل الجرعة الممتصة والجرعة الفعالة السنوية، لضمان أن القيم المحسوبة تعبر عن مساهمة العينة فقط دون تداخل الإشعاع الخلفي الطبيعي للمختبر .

1- معدل الجرعة الممتصة في الهواء D:

يتم تحويل صافي معدل النبضات في الدقيقة إلى معدل جرعة ممتصة:

$$D (nGy/h) = Cn \times Fc.....(1)$$

حيث Fc معامل التحويل الخاص بالجهاز .

2- الجرعة الفعالة السنوية (Annual Effective Dose):

لتقدير الأثر الإشعاعي السنوي التراكمي على جسم الإنسان نتيجة التواجد في أماكن مغلقة تحتوي على هذه الأخشاب، تُطبق المعادلة القياسية المعتمدة في تقارير لجنة الأمم المتحدة العلمية لآثار الإشعاع الذري (UNSCEAR):

$$AEDE (\mu Sv/y) = ADRA (nGy/h) \times 8760 \times 0.7 \times 0.8 \times 10^{-3} \dots (2)$$

- 8760: عدد ساعات السنة.
 - 0.8: معامل الإشغال الداخلي القياسي للمباني والأماكن المغلقة (80%).
 - 0.7: معامل التحويل البيولوجي من الجرعة الممتصة في الهواء إلى الجرعة الفعالة في الجسم البشري.
- تجدر الإشارة إلى أن الكاشف المستخدم (Digilert 50) هو كاشف مسح إشعاعي يقيس معدل الجرعة الكلي لجميع النويدات مجتمعة، ولا يتيح التفريق الطيفي لحساب التراكيز النوعية (Bq/kg) لكل نويدة كما في مطيافية غاما. لذا اعتمد معدل الجرعة الفعالة كمؤشر مباشر للخطر الإشعاعي الفعلي على الإنسان، بما يخدم الهدف التطبيقي للدراسة. ويوصى في دراسات لاحقة باستخدام مطيافية غاما لتحديد التراكيز النوعية لكل نويدة على حدة.

4- النتائج ومناقشتها

4-1- دراسة الجرعة الإشعاعية في المخبر

تم قياس الجرعة الإشعاعية الطبيعية في المخبر فحصلنا على الجدول (1) ويليه الشكلان (1) و(2) اللذان يعرضان كل من قيم الجرعات والمدرج التكراري للجرعة الإشعاعية في المخبر

جدول 1- قيم الجرعات الإشعاعية في المخبر

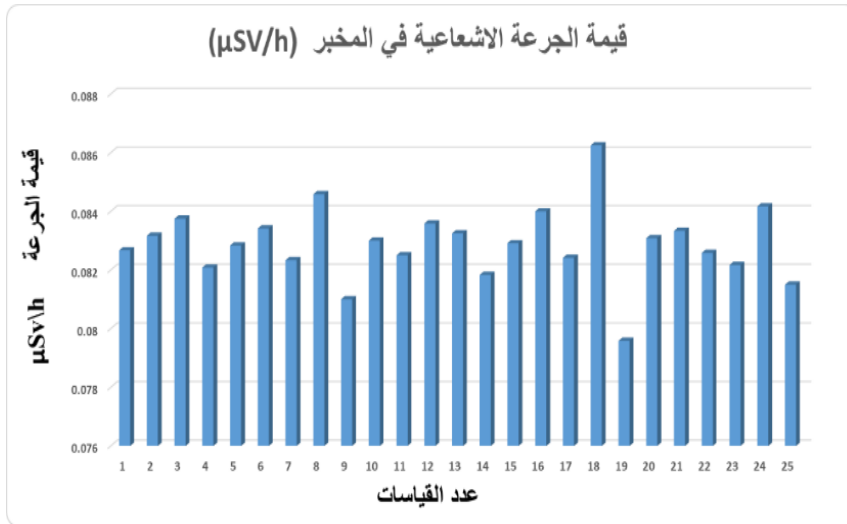
رقم	العد الكلي (ساعتان)	(CPM) معدل العد الصافي	معدل الجرعة الساعية ($\mu Sv/h$)	معدل الجرعة السنوية ($\mu Sv/y$)
-----	------------------------	---------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------

القياس		في الدقيقة		
1	992	8.267	0.0827	724.16
2	998	8.317	0.0832	728.54
3	1005	8.375	0.0838	733.65
4	985	8.208	0.0821	719.05
5	994	8.283	0.0828	725.62
6	1001	8.342	0.0834	730.73
7	988	8.233	0.0823	721.24
8	1015	8.458	0.0846	740.95
9	972	8.100	0.0810	709.56
10	996	8.300	0.0830	727.08
11	990	8.250	0.0825	722.7
12	1003	8.358	0.0836	732.19
13	999	8.325	0.0833	729.27
14	982	8.183	0.0818	716.86
15	995	8.292	0.0829	726.35
16	1008	8.400	0.0840	735.84
17	989	8.242	0.0824	721.97
18	1035	8.625	0.0863	755.55
19	955	7.958	0.0796	697.15
20	997	8.308	0.0831	727.81
21	1000	8.333	0.0833	730
22	991	8.258	0.0826	723.43
23	986	8.217	0.0822	719.78

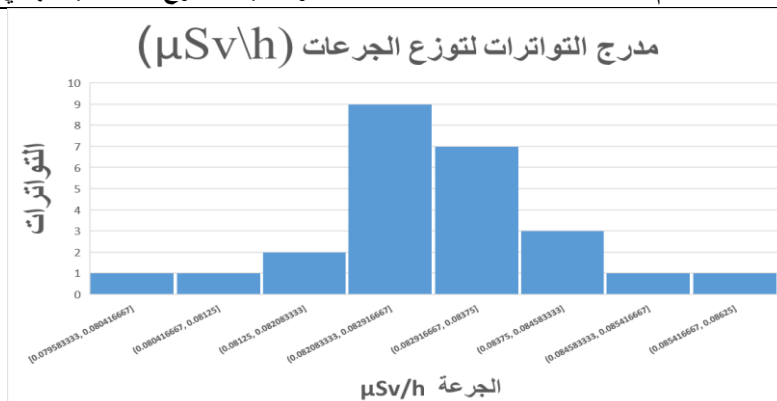
النشاط الإشعاعي الطبيعي الناتج عن خشب السويد المستخدم في مباني مدينة حمص

24	1010	8.417	0.0842	737.3
25	978	8.15	0.0815	713.94

المتوسط الحسابي للجرعة السنوية ($\mu Sv/y$)	726.0288
قيمة اعلى ($\mu Sv/y$)	755.55
قيمة ادنى ($\mu Sv/y$)	697.15
الانحراف المعياري ($\mu Sv/y$)	11.099



الشكل 1-1 - قيمة الجرعات الإشعاعية في المخبر



الشكل -2- مدرج التواترات للجرعات الإشعاعية في المخبر

لاحظنا من الدراسة الإحصائية التي أجريناها على الجرعات التي أخذت في المخبر ومن الشكل (1) أن متوسط الخلفية الطبيعية في المخبر ($0.08288 \mu Sv/h$) ، وبقية سنوية ($726 \mu Sv/y$)، (أي ما يعادل $0.726 mSv/y$)، ومن الشكل (2) يتضح أن توزع الجرعات داخل المخبر ينتمي الى توزع غوص (توزع طبيعي) مما يشير الى وجود استقرار إشعاعي داخل المخبر أثناء الفترة التي أجريت فيها القياسات. وعند مقارنة هذه النتيجة بالحدود المرجعية العالمية المعتمدة من قبل لجنة الأمم المتحدة العلمية لآثار الإشعاع الذري (UNSCEAR) والوكالة الدولية للطاقة الذرية (IAEA) والتي تحدد المجال الطبيعي لتعرض الافراد للإشعاع الخلفي. ($1 mSv/y - 2.4 mSv/y$) يتضح أن بيئة المختبر تقع دون المتوسط العالمي بكثير.

4-2- دراسة الجرعات الإشعاعية في الخشب:

تم إجراء 30 قياساً متكرراً لعينات كل من الأخشاب المحلية والمستوردة آنفة الذكر.

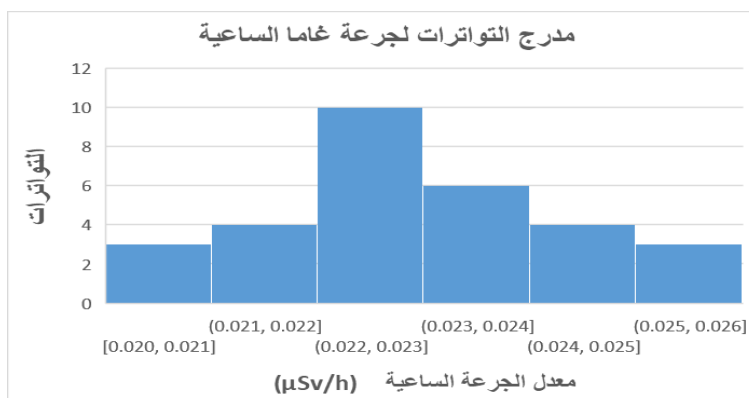
4-2-1- خشب السويد (العريزي):

يوضح الجدول رقم (2) نتائج الجرعات الإشعاعية الساعية واليومية وصولاً إلى الجرعات الفعالة السنوية والمحسوبة وفق العلاقة (2):

جدول - 2- قيم الجرعات الإشعاعية الناتجة عن خشب السويد (العزيري)

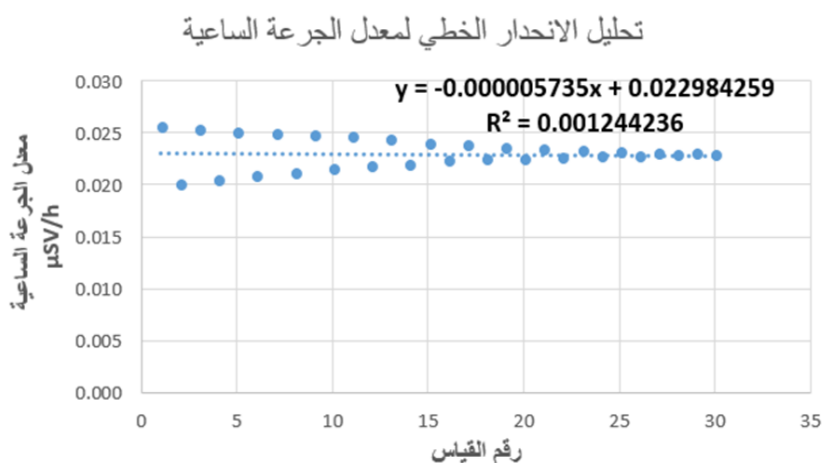
رقم القياس	Cn صافي العد (cpm)	الجرعة الممتصة D (nGy/h)	الجرعة الكلية μSv	معدل الجرعة الساعية ($\mu Sv/h$)	معدل الجرعة اليومية ($\mu Sv/d$)	الجرعة الفعالة السنوية ($\mu Sv/y$)
1	2.546	25.458	0.076	0.025	0.611	124.888
2	1.990	19.903	0.060	0.020	0.478	97.635
3	2.518	25.181	0.076	0.025	0.604	123.526
4	2.029	20.292	0.061	0.020	0.487	99.543
5	2.496	24.958	0.075	0.025	0.599	122.436
6	2.068	20.681	0.062	0.021	0.496	101.451
7	2.479	24.792	0.074	0.025	0.595	121.618
8	2.107	21.069	0.063	0.021	0.506	103.358
9	2.463	24.625	0.074	0.025	0.591	120.800
10	2.135	21.347	0.064	0.021	0.512	104.721
11	2.446	24.458	0.073	0.024	0.587	119.983
12	2.163	21.625	0.065	0.022	0.519	106.084
13	2.418	24.181	0.073	0.024	0.580	118.620
14	2.185	21.847	0.066	0.022	0.524	107.174
15	2.390	23.903	0.072	0.024	0.574	117.257
16	2.218	22.181	0.067	0.022	0.532	108.809
17	2.368	23.681	0.071	0.024	0.568	116.167
18	2.229	22.292	0.067	0.022	0.535	109.354
19	2.346	23.458	0.070	0.023	0.563	115.077
20	2.240	22.403	0.067	0.022	0.538	109.899
21	2.329	23.292	0.070	0.023	0.559	114.260
22	2.251	22.514	0.068	0.023	0.540	110.444
23	2.313	23.125	0.069	0.023	0.555	113.442
24	2.263	22.625	0.068	0.023	0.543	110.989
25	2.301	23.014	0.069	0.023	0.552	112.897
26	2.268	22.681	0.068	0.023	0.544	111.262
27	2.290	22.903	0.069	0.023	0.550	112.352
28	2.274	22.736	0.068	0.023	0.546	111.534
29	2.285	22.847	0.069	0.023	0.548	112.079
30	2.279	22.792	0.068	0.023	0.547	111.807
(μSv/y) Mean						112.315
Standard Deviation(μSv/y)						7.021
Minimum(μSv/y)						97.635
Maximum(μSv/y)						124.888
RSD (%) = (SD / $\bar{x}$) × 100						6.25 %

يستعرض الشكل -3- التوزيع التكراري للبيانات موضحاً "مدى تقاربها مع التوزيع الطبيعي (غوص):



الشكل -3- التوزيع التكراري لمعدل الجرعة الساعية لعينة خشب السويد (العيزي)

يوضح الشكل -4- تحليل الانحدار الخطي لمعدل الجرعة الساعية لتقييم الاستقرار الزمني وموثوقية القياسات:



الشكل -4- تحليل الانحدار الخطي لمعدل الجرعة الساعية لخشب السويد العيزي

4-2-2- خشب السويد (الموسكي):

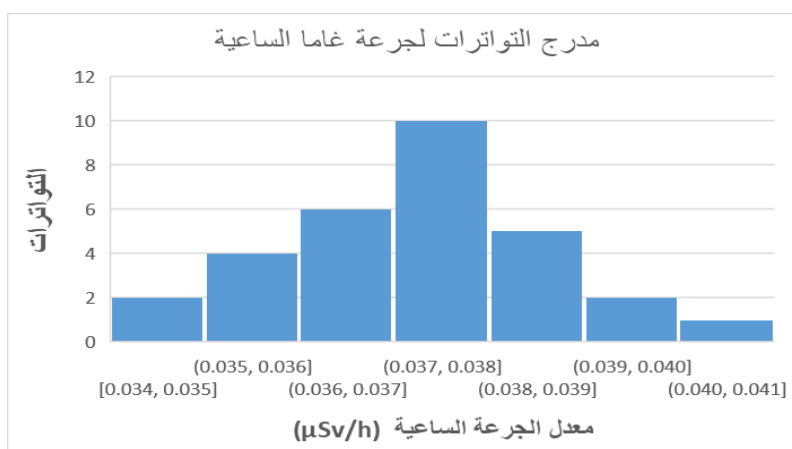
يوضح الجدول رقم (3) قيم الجرعات لعينات خشب السويد (الموسكي) والمحسوبة بالاعتماد على العلاقة (2) .

الجدول -3- قيم الجرعات الإشعاعية الناتجة عن خشب السويد (الموسكي)

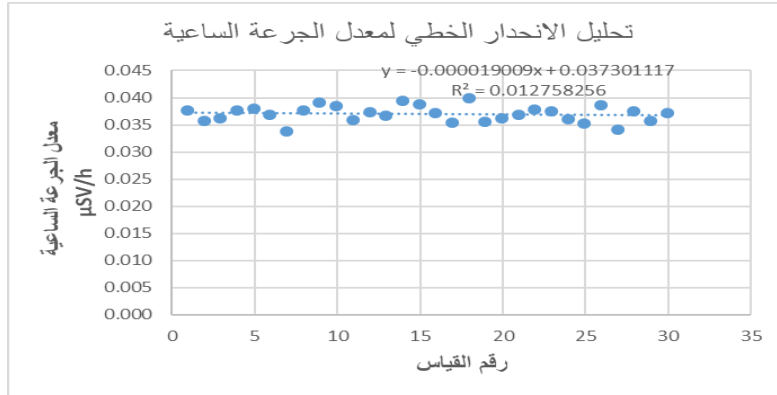
الجرعة الفعالة السنوية ($\mu Sv/y$)	معدل الجرعة اليومية ($\mu Sv/d$)	معدل الجرعة الساعية ($\mu Sv/h$)	الجرعة الكلية (μSv)	الجرعة الممتصة D (nGy/h)	صافي العد C _n (cpm)	رقم القياس
184.573	0.903	0.038	0.113	37.625	3.763	1
175.035	0.856	0.036	0.107	35.681	3.568	2
178.032	0.871	0.036	0.109	36.292	3.629	3
184.846	0.904	0.038	0.113	37.681	3.768	4
186.481	0.912	0.038	0.114	38.014	3.801	5
181.030	0.886	0.037	0.111	36.903	3.690	6
165.768	0.811	0.034	0.101	33.792	3.379	7
184.846	0.904	0.038	0.113	37.681	3.768	8
191.932	0.939	0.039	0.117	39.125	3.913	9
188.389	0.922	0.038	0.115	38.403	3.840	10
176.125	0.862	0.036	0.108	35.903	3.590	11
182.938	0.895	0.037	0.112	37.292	3.729	12
179.668	0.879	0.037	0.110	36.625	3.663	13
193.839	0.948	0.040	0.119	39.514	3.951	14
190.296	0.931	0.039	0.116	38.792	3.879	15
182.120	0.891	0.037	0.111	37.125	3.713	16
173.944	0.851	0.035	0.106	35.458	3.546	17
195.747	0.958	0.040	0.120	39.903	3.990	18
174.217	0.852	0.036	0.107	35.514	3.551	19
177.487	0.868	0.036	0.109	36.181	3.618	20
180.485	0.883	0.037	0.110	36.792	3.679	21
185.936	0.910	0.038	0.114	37.903	3.790	22
183.756	0.899	0.037	0.112	37.458	3.746	23
176.670	0.864	0.036	0.108	36.014	3.601	24

25	3.529	35.292	0.106	0.035	0.847	173.127
26	3.863	38.625	0.116	0.039	0.927	189.479
27	3.413	34.125	0.102	0.034	0.819	167.404
28	3.751	37.514	0.113	0.038	0.900	184.028
29	3.579	35.792	0.107	0.036	0.859	175.580
30	3.718	37.181	0.112	0.037	0.892	182.393
Mean($\mu Sv/y$)						181.539
Standard Deviation($\mu Sv/y$)						7.267
Minimum($\mu Sv/y$)						165.768
Maximum($\mu Sv/y$)						195.747
RSD (%) = $(SD / \bar{x}) \times 100$						4.00%

ويستعرض الشكل (5) المدرج التكراري لتوزيع معدلات الجرعات الساعية لهذه العينات، في حين يمثل الشكل (6) تحليل الانحدار الخطي المقابل لها



الشكل 5- التوزيع التكراري لمعدل الجرعة الساعية لعينة خشب السويد (الموسكي)



الشكل -6- تحليل الانحدار الخطي لمعدل الجرعة الساعية لخشب الموسكي

3-2-4- خشب الصنوبر البروتي:

يلخص الجدول رقم (4) قيم الجرعات والمؤشرات الإشعاعية لعينات خشب الصنوبر البروتي (المحلي).

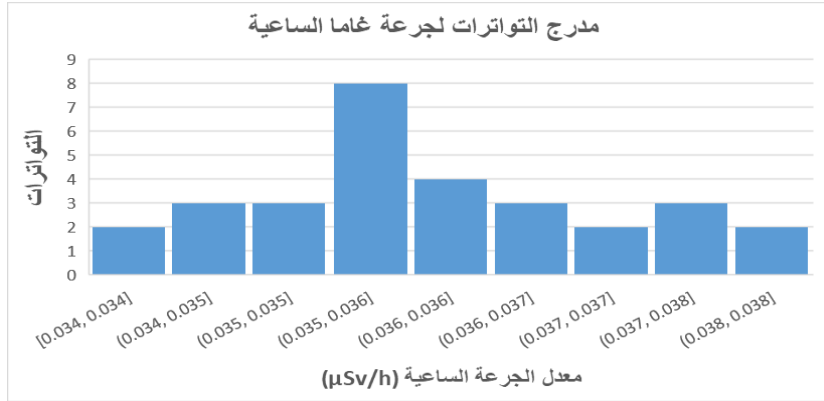
الجدول -4- قيم الجرعات الإشعاعية الناتجة عن خشب الصنوبر (البروتي)

رقم القياس	صافي العد Cn (cpm)	الجرعة الممتصة D (nGy/h)	الجرعة الكلية μSv	معدل الجرعة الساعية ($\mu Sv/h$)	معدل الجرعة اليومية ($\mu Sv/d$)	الفعالة السنوية ($\mu Sv/y$)
1	3.546	35.458	0.106	0.035	0.851	173.944
2	3.479	34.792	0.104	0.035	0.835	170.674
3	3.624	36.236	0.109	0.036	0.870	177.760
4	3.535	35.347	0.106	0.035	0.848	173.399
5	3.668	36.681	0.110	0.037	0.880	179.940
6	3.546	35.458	0.106	0.035	0.851	173.944
7	3.435	34.347	0.103	0.034	0.824	168.494
8	3.713	37.125	0.111	0.037	0.891	182.120
9	3.579	35.792	0.107	0.036	0.859	175.580
10	3.513	35.125	0.105	0.035	0.843	172.309
11	3.768	37.681	0.113	0.038	0.904	184.846

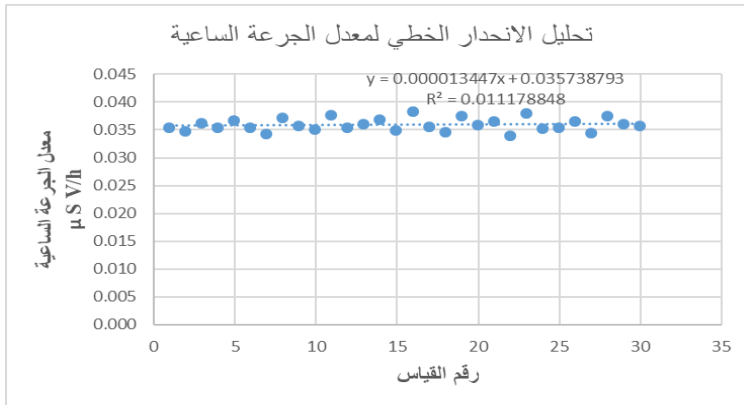
12	3.546	35.458	0.106	0.035	0.851	173.944
13	3.601	36.014	0.108	0.036	0.864	176.670
14	3.685	36.847	0.111	0.037	0.884	180.758
15	3.490	34.903	0.105	0.035	0.838	171.219
16	3.824	38.236	0.115	0.038	0.918	187.571
17	3.557	35.569	0.107	0.036	0.854	174.489
18	3.463	34.625	0.104	0.035	0.831	169.856
19	3.746	37.458	0.112	0.037	0.899	183.756
20	3.590	35.903	0.108	0.036	0.862	176.125
21	3.646	36.458	0.109	0.036	0.875	178.850
22	3.390	33.903	0.102	0.034	0.814	166.313
23	3.790	37.903	0.114	0.038	0.910	185.936
24	3.524	35.236	0.106	0.035	0.846	172.854
25	3.546	35.458	0.106	0.035	0.851	173.944
26	3.657	36.569	0.110	0.037	0.878	179.395
27	3.446	34.458	0.103	0.034	0.827	169.039
28	3.757	37.569	0.113	0.038	0.902	184.301
29	3.613	36.125	0.108	0.036	0.867	177.215
30	3.568	35.681	0.107	0.036	0.856	175.035

(Mean) $\mu Sv/y$	176.343
Standard Deviation ($\mu Sv/y$)	5.492
Minimum ($\mu Sv/y$)	166.313
Maximum($\mu Sv/y$)	187.571
RSD (%) = $(SD / \bar{x}) \times 100$	3.16%

يستعرض الشكل (7) المدرج التكراري لتوزيع معدلات الجرعات الساعية، بينما يمثل الشكل (8) تحليل الانحدار الخطي المقابل لها.



الشكل -7- التوزيع التكراري لمعدل الجرعة الساعية لعينة خشب الصنوبر البروتي



الشكل -8- تحليل الانحدار الخطي لمعدل الجرعة الساعية لخشب الصنوبر البروتي

3-4 مناقشة وتحليل مقارن للنشاط الإشعاعي للأخشاب المدروسة:

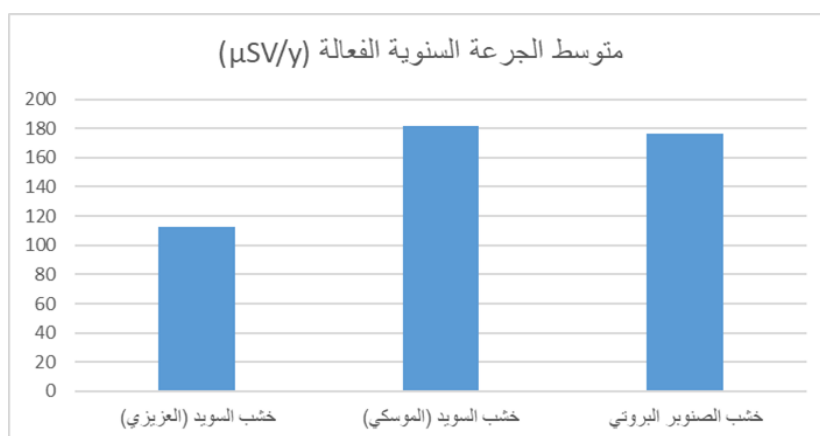
يوضح الجدول رقم (5) والشكل رقم (9) تحليلاً إحصائياً بيانياً مقارناً لكافة عينات الأخشاب المقاسة تجريبياً بالاعتماد على المتوسط الحسابي للجرعات ونسب التشتت (RSD) لتوضيح الفروقات الإشعاعية بين الأنواع:

جدول 5- المقارنة الإحصائية الشاملة لمتوسطات الجرعات ونسب التشتت للأصناف الثلاثة

الانحراف المعياري النسبي (RSD%)	الانحراف المعياري (y/SVμ)	متوسط الجرعة السوية الفعالة (μSv/y)	القيمة العليا للجرعة السنوية (μSv/y)	القيمة الدنيا للجرعة السنوية (μSv/y)	صنف الخشب المدرس
6.25%	7.021	112.315	124.888	97.635	خشب السويد (العريزي)
4.00%	7.269	181.538	195.747	165.768	خشب السويد (الموسكي)
3.16%	5.580	176.342	187.571	166.313	خشب الصنوبر البروتي

أظهر تحليل التباين (ANOVA) وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين الأصناف المدروسة

$$(F_{(2,87)}=1011.27, P<0.001).$$



الشكل 9- مخطط بياني مقارن لمتوسط الجرعة السنوية الفعالة (μSv/y) بين أصناف الاخشاب الثلاثة

تُظهر القراءة التحليلية لنتائج القياسات الإشعاعية للأصناف الثلاثة المدروسة تبايناً واضحاً في مستويات النشاط الإشعاعي الطبيعي حيث سجل خشب السويد 'الموسكي' أعلى متوسط للجرعة

الفعالة السنوية ($181.538 \mu Sv/y$)، يليه الصنوبر 'البروتي' المحلي ($173.342 \mu Sv/y$)، بينما كان خشب السويد 'العزيري' هو الأقل مساهمة إشعاعياً بمتوسط ($112.315 \mu Sv/y$).

5- الاستنتاجات والتوصيات

5-1- الاستنتاجات

1. كشف التقييم الإحصائي لبيانات الجدول (5) أن الأخشاب المحلية سجلت أقل قيمة للانحراف المعياري النسبي ($RSD\% = 3.16$). مما يعكس تجانساً بنيوياً عالياً في أنسجتها بينما الأصناف المستوردة (العزيري والموسكي) أظهرت تبايناً أكبر يعود لتعدد مصادر التوريد.

2. بمقارنة نتائج هذه الدراسة مع معايير اللجنة العلمية للأمم المتحدة (UNSCEAR 2000)، نجد أن جميع القيم المقاسة تقع ضمن الحدود الآمنة؛ حيث أن متوسط الجرعة الناتجة عن أخشاب الموسكي ($181.538 \mu Sv/y$) و تمثل فقط 7.6% من المتوسط العالمي للإشعاع الطبيعي الكلي؛ يمثل خشب السويد العزيري الخيار الأمثل نظراً لتسجيله أقل مساهمة إشعاعية، بالتالي تعد جميع أنواع أخشاب المدروسة آمنة تماماً وتلبي شروط السلامة البيئية.

3. أشارت نتائج الجرعة السنوية أن الخشب المدروس يمتلك مستويات إشعاعية منخفضة مقارنةً بمواد البناء الأخرى، إذ كانت الجرعة المسجلة أقل بنحو سبعة أمثال من جرعة الجرانيت، وأقل بأربعة أمثال من جرعة الإسمنت والطوب الأحمر، وذلك بمقارنتها مع دراسات [16-17] في المباني.

4. بلغت الجرعة الفعالة السنوية الناتجة عن الأخشاب المدروسة ($155.76 \mu Sv/y$) وهي أقل بنحو 4.66 مرة من متوسط الجرعة الفعالة السنوية للمخبر ($726.0288 \mu Sv/y$).

5. أظهر تحليل التباين (One-Way ANOVA) وجود فروق معنوية ذات دلالة إحصائية مما يشير إلى أن التباين في النشاط الإشعاعي يعود إلى نوع الخشب وظروف بيئة نمو الأشجار.

6. تتفق هذه النتائج بشكل عام مع ما توصلت إليه دراسة حديثة [18] تناولت النشاط الإشعاعي الطبيعي في 15 نوعاً من الأخشاب الصلبة المستخدمة داخلياً، حيث كانت جميع مؤشرات الخطورة الإشعاعية ضمن الحدود المسموح بها عالمياً.

7. جميع النتائج التي حصلنا عليها تقع ضمن الحدود الامنة.

2-5- التوصيات:

- التوسع في اعتماد الخشب كبديل صحي وآمن إشعاعياً في البناء في مدينة حمص مقارنة بمواد البناء الأخرى.
- إجراء مسوحات إشعاعية دورية للأخشاب المستوردة لضمان بقائها ضمن الحدود الوقائية الآمنة.
- إجراء دراسة مكملة تشمل بقية أصناف الأخشاب الطبيعية والمصنعة المستخدمة في البناء ضمن مدينة حمص.

6- المراجع

- 1- ريشان، س.، وصوفان، ع. هـ. (2008). *الفيزياء النووية (1)* مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية، جامعة حمص.
- 2- صوفان، عبد الهادي. (2008). *التعرض الإشعاعي في بيئة مدينة حمص*. مجلة جامعة حمص، 30(12)، 5-24.
- 3- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. (2000). *Sources and effects of ionizing radiation: Report to the General Assembly, with scientific annexes* (Vol. 1). United Nations.
- 4- Faghihi, R., Mehdizadeh, S., & Sina, S. (2011). Natural and artificial radioactivity distribution in soil of Fars Province, Iran. *Radiation Protection Dosimetry*, 145(1), 66-74.
<https://doi.org/10.1093/rpd/ncq367>

- 5- Stoulos, S., Manolopoulou, M., & Papastefanou, C. (2003). Assessment of natural radiation exposure and radon exhalation from building materials in Greece. *Journal of Environmental Radioactivity*, 69(3), 225–240. [https://doi.org/10.1016/S0265-931X\(03\)00081-X](https://doi.org/10.1016/S0265-931X(03)00081-X)
- 6- Caridi, F., Marguccio, S., Durante, G., Trozzo, R., Fullone, F., Belvedere, A., D'Agostino, M., & Belmusto, G. (2017). Natural radioactivity measurements and dosimetric evaluations in soil samples with a high content of NORM. *The European Physical Journal Plus*, 132(2), Article 56. <https://doi.org/10.1140/epjp/i2017-11343-x>
- 7- Faanu, A., Adukpo, O. K., Tettey-Larbi, L., Lawluvi, H., Kpeglo, D. O., Darko, E. O., Emi-Reynolds, G., Awudu, R. A., Kansaana, C., Amoah, P. A., & Owusu-Banahene, J. (2016). Natural radioactivity levels in soils, rocks and water at a mining concession of Perseus gold mine and surrounding towns in Central Region of Ghana. *SpringerPlus*, 5(1), Article 98. <https://doi.org/10.1186/s40064-016-1716-5>
- 8- Aghdam, M. M., Crowley, Q., Rocha, C., Dentoni, V., Da Pelo, S., Long, S., & Savatier, M. (2021). A study of natural radioactivity levels and radon/thoron release potential of bedrock and soil in southeastern Ireland. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(5), Article 2709. <https://doi.org/10.3390/ijerph18052709>
- 9- Mancini, S., Caliendo, E., Guida, M., & Bisceglia, B. (2017). Preliminary assessment, by means of Radon exhalation rate measurements, of the bio-sustainability of microwave treatment to eliminate biodeteriogens infesting stone walls of monumental historical buildings. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 251(1), Article 012026. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/251/1/012026>
- 10- Aliončik, J., & Butkus, D. (2012). The transfer of natural (^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K) and artificial (^{137}Cs , ^{90}Sr) radionuclides from soil to the plants. *Journal of Radio analytical and Nuclear Chemistry*, 292(1), 305–313. <https://doi.org/10.1007/s10967-011-1375-7>

- 11- Hus, M., Košutić, K., & Lulić, S. (2001). Radioactive contamination of wood and its products. *Journal of Environmental Radioactivity*, 55(2), 179–186. [https://doi.org/10.1016/S0265-931X\(00\)00191-0](https://doi.org/10.1016/S0265-931X(00)00191-0)
- 12- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. (1988). Sources, effects and risks of ionizing radiation: 1988 report to the General Assembly, with scientific annexes: Annex A: Exposures from natural sources of radiation. United Nations.
- 13- Silva, L. B., da Silva, A. C. F., Orejuela, C. O. P., da Silva, L. F., dos Santos, J. O., & da Silva, A. X. (2018). Radiometric analysis of construction materials most used in Brazilian affordable dwelling: A survey and overview for establishing dose and risk reference values. *Radioproteção*, 2(1), 58–69.
- 14- Mahmoud, K. R., Sharshar, T. M., El-Husseiny, F. A., & Badran, H. M. (2004). Natural radionuclides and radiocaesium contained in wood. *Radioisotopes*, 53(10), 507–515. <https://doi.org/10.3769/radioisotopes.53.507>
- 15- Radioactivity. (n.d.). *Lecture 17: Radioactivity in buildings* [Lecture notes]. WPS Office.
- 16- Gholami, M., Mirzaei, S., & Jomehzadeh, A. (2011). Gamma background radiation measurement in Lorestan province, Iran. *Iranian Journal of Radiation Research*, 9(2), 89–93.
- 17- Sonkawade, R. G., Kant, K., Muralithar, S., Kumar, R., & Ramola, R. C. (2008). Natural radioactivity in common building construction and radiation shielding materials. *Atmospheric Environment*, 42(10), 2254–2259.
- 18- Taşdemir, T., Çakıroğlu, E. O., Dizman, S., Kobya, Y., & Yeşilkanat, C. M. (2026). Investigation of radiation dose rates, health risks and radionuclide effects of wood and wood-based materials in indoor areas. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. <https://doi.org/10.1007/s10967-026-10807-1>.

