

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/281648004>

# NORM في تربة محطة أم العمر للصناعة النفطية NORM الملوثات المشعة الطبيعية Radioactive Pollutants in the Al-Amr Plants Soil from Petroleum Industry

Article · September 2012

CITATIONS

0

READS

1,338

2 authors, including:



Said Sabbagh

Fatih Sultan Mehmet Vakif Üniversitesi

23 PUBLICATIONS 5 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Applying the Neutron Activation Analysis (NAA) without approximation theoretically and by using Matlab on Au-197 [View project](#)



Distillation and Treatment of Water by Physical Methods [View project](#)

## الملوثات المشعة الطبيعية NORM في تربة محطة أم العمر للصناعة النفطية

### *NORM Radioactive Pollutants in the Al-Amr Plants Soil from Petroleum Industry*

سعيد صباغ\*، صفاء الحسين\*\*

\* قسم الفيزياء، كلية العلوم، جامعة حلب [saidabbagh@outlook.com](mailto:saidabbagh@outlook.com)

\*\* طالبة دراسات عليا (ماجستير) قسم الفيزياء، كلية العلوم، جامعة حلب \*\*

#### المخلص:

هدفت الدراسة الحالية إلى تحديد مستويات التلوث بالمواد المشعة الطبيعية NORM في أحد حقول شركة نفط

سورية (حقل العمر). قيس معدل الجرعة الممتصة الخارجية لغاما  $Dy$  external gamma absorbed dose rate بـ  $\mu\text{Sv/h}$  المسببة بأشعة غاما لكل من الراديوم 226 والراديوم 228 (الثوريوم 234) والبوتاسيوم 40 على التوالي وكانت أكبرها هو  $0.849 \mu\text{Sv/h}$ .

وجد أن أعلى نشاط نوعي (تركيز) للراديوم 226 هو  $1136\text{Bq/Kg}$  وأدناه  $0.06$  وأعلى نشاط نوعي للراديوم 228 هو  $721\text{Bq/Kg}$  وأدناه  $0.02\text{Bq/Kg}$  أما الراديوم 224 فإن نشاطه النوعي الأعلى له  $631\text{Bq/Kg}$  والأدنى  $0.02\text{Bq/Kg}$ . وأن النشاط النوعي للراديوم 226 أعلى منه للراديوم 228 والراديوم 224 حيث أن الراديوم 226 من سلسلة اليورانيوم-238 وأن الراديوم 228 والراديوم 224 من سلسلة الثوريوم-232 أي أن نسبة وجود بنات سلسلة الثوريوم أدنى من نسبة وجود بنات سلسلة اليورانيوم. وذلك لأن نصف عمر الراديوم 226 هو 1600 سنة وهو أكبر من نصف عمر الراديوم 228 وهو 5.75 سنة.

كما أجريت مقارنة بين النتائج المحلية مع نتائج تربة في عمان. تم أيضاً مناقشة طرق معالجة التلوث بالمواد المشعة الطبيعية في الصناعة النفطية.

الكلمات المفتاحية: العناصر المشعة الطبيعية، نورم، معدل الجرعة الممتصة الخارجية، الصناعة النفطية، الملوثات المشعة، التلوث، بيئة.

ورد البحث للمجلة بتاريخ 09/09/2011

قبل للنشر بتاريخ 27/09/2012

## المقدمة:

تُعدُّ صناعة النفط والغاز إحدى الصناعات الملوثة للبيئة والتي يتعرض العاملون فيها والسكان في منطقة استخراج النفط لخطر المواد المشعة الطبيعية التي تتركز بفعل هذه الصناعة. إذ ترافق المواد المشعة الطبيعية النفط المستخرج من باطن الأرض، لتتوضع على الجدران الداخلية للأنايب ومستودعات فصل النفط أو خزنه. يكون لهذه التوضع إما شكل رواسب حرشفية أو حمأة (كدارة). ويعود تكوّن هذه التوضع إلى عوامل فيزيائية (تغيرات في درجة الحرارة والضغط) وكيميائية خلال مراحل فصل السوائل (النفط والماء المرافق له) تؤدي إلى خفض انحلالية الأيونات لدى وصولها إلى سطح الأرض فتتبلور بذلك على شكل أملاح عديدة، مثل كبريتات الباريوم والسترونسيوم. وبسبب تشابه الخواص الكيميائية للراديووم والكالسيوم والباريوم والسترونسيوم فإنها تترسب معاً، مشاركة في تكوين أملاح الكربونات أو الكبريتات المركبة، التي تتراكم على هيئة رواسب في الأنايب والمعدات فوق سطح الأرض. هذا وتتلصق كمية الرواسب المتراكمة بعدة عوامل، منها معدل الضخ، وزمن وصول الماء المرافق أو المنتج من الحوض إلى السطح، وبنية الحوض الجيولوجية، وطبيعة مياه الحقن.

موقع الدراسة: يبعد حقل العمر 15 Km شمال شرق مدينة الميادين عند: N:35 06 30 و E:40 34 35 .

## الدراسات المرجعية: المواد المشعة الطبيعية في صناعة النفط والغاز:

يعبر الرمز NORM المستخدم في صناعة النفط والغاز عن المواد المشعة الطبيعية المنشأ Naturally Occurring Radioactive Materials و يحذ البعض أن يعبر عنها بما يسمى بـ TENORM أي (Technologically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Materials) أي المواد المشعة الطبيعية التي عززتها التقنية.

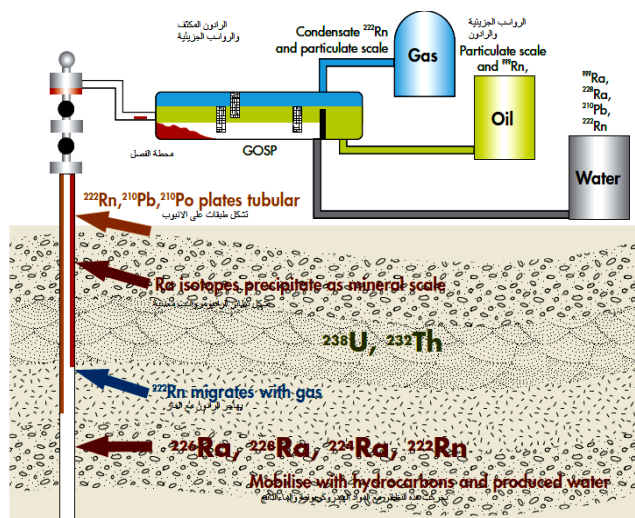
تصنيف النفايات المشعة: صنفّت الوكالة الدولية للطاقة الذرية النفايات المشعة في ثلاث فئات منذ العام 1970 و1981 (IAEA, 1981, 1970) وهي النفايات المشعة ذات النشاط الإشعاعي المنخفض والمتوسط والمرتفع حسب عمر النصف للنظائر المشعة.

**منشأ المواد المشعة الطبيعية NORM:** عندما تشكلت القشرة الأرضية اندمجت فيها المواد المشعة (اليورانوم والثوريوم). نتج عن تفكك هذه العناصر المشعة غير المستقرة نظائر مشعة أخرى غيرها، انتقلت إلى قرب السطح (Subsurface) تحت شروط فيزيائية معينة (معتمدة على الضغط ودرجة الحرارة وغيرها) ويمكن أن تنقل من المخزون إلى السطح مع منتجات النفط والغاز الشكل (1) والجدول (1). أثناء الاستخراج يتدفق NORM مع خليط النفط والماء والغاز (الجدولين (2) و (3)) ويتراكم في الرواسب والكدارة و القطع القديمة (التخزين) Scrapings. يمكن أن يشكل أيضاً فيلم رقيق على السطوح الداخلية لمعدات معالجة الغاز والصمامات. يمكن أن تتفاوت مستويات NORM المتراكمة من محطة إلى أخرى اعتماداً على التشكيلات الجيولوجية وعوامل أخرى غيرها. لتحديد فيما إذا كانت المحطة ملوثة بـ NORM فإنه يجب إجراء مسح NORM وأخذ بعض العينات وتحليلها للتأكد من حال تلوثها.

**نفايات الصناعة النفطية:** يمكن تقسيم نفايات المواد المشعة الطبيعية الناجمة عن صناعة النفط إلى ثلاث فئات وهي:

❖ المواد المشعة الطبيعية الحرة وغير المتماسكة كالرواسب الحرشفية والحمأة والتربة الملوثة.

- ❖ الأنابيب الملوثة.
- ❖ التجهيزات الملوثة كبيرة الحجم مثل أجهزة الفصل والخزانات والصمامات وغيرها.



الشكل (1) منشأ NORM، يوضح تراكم NORM في عمليات الاستعادة

Sedimentary Rock Class (نوع الصخرة الرسوبية)	Thorium(Th)			Uranium(U)		
	Ppm		Bq[Th <sup>232</sup> ]/g Mean	(ppm)		Bq[U- <sup>238</sup> ]/g Mean
	Mean المتوسط	Range المدى		mean	Range	
Detritus	12.4	0 – 362	0.05	4.8	0.1 – 80	0.06
Sandstone & Conglomerate الحجر الرملي والتكتلات	9.7	0.7 – 227	0.04	4.1	0.1 – 62	0.05
Ortho quartzite	1.5		0.006	0.5	0.5 – 3	0.005
Arkoses	5		0.02	1.5		0.02
Shale (السجيل)	16.3	5.3 – 39	0.07	5.9	0.9 – 80	0.07
grey/green رمادي، أخضر	13		0.05	3	3 – 4	0.04
Black أسود					8 – 20	
Clay الطين	8.6	1.9 – 55	0.03	4.0	1.1 – 16	0.05
Chemical كيميائي	14.9	0.03 – 132	0.06	3.6	0.03 – 27	0.04
Carbonates كربونات	1.8	0 – 11	0.007	2.0	0.03 – 18	0.02
Limestone حجر الكلس	3		0.01	13		0.16
Evaporates				< 0.1		< 0.001

الجدول (1) متوسط ومدى النشاط النوعي لليورانيوم وللتورنيوم في الصخور الرسوبية [1]

**سلسلة تفكك NORM** : أكثر نظائر المواد المشعة الطبيعية المنشأ (NORM) التي تشكل القلق الرئيسي في إنتاج النفط هي Ra-226, Ra-228. وهي تتفكك إلى نظائر مشعة مختلفة (النبات) قبل الوصول إلى الرصاص المستقر. حيث ينتمي Ra-226 إلى سلسلة تفكك U-238 وينتمي Ra-228 إلى سلسلة تفكك Th-232.

النظير المشع (Radionuclide)	المدى Reported Range(Bq/l)
U <sup>238</sup>	0.0003-0.1
Ra <sup>226</sup>	0.002-1,200
Pb <sup>210</sup>	0.05-190
Th <sup>232</sup>	0.0003-0.001
Ra <sup>228</sup>	0.3-180
Ra <sup>224</sup>	0.5-40

الجدول(2)النشاط النوعي للنظائر المشعة في الماء الناتج[1]

النظير المشع (Radionuclide)	المدى Reported Range( Bq/g)
U <sup>238</sup>	0.0000001-0.01
Ra <sup>226</sup>	0.0001-0.04
Po <sup>210</sup>	0-0.01
Th <sup>232</sup>	0.00003-0.002

الجدول(3)النشاط النوعي للنظائر المشعة في النفط الخام[1]

**المعايير السورية للتربة الملوثة:** الجزء الثالث من نفايات NORM التي تنتجها صناعة النفط والغاز السورية هي التربة الملوثة. وعموماً تم ذكر حوالي 200,000m<sup>3</sup> من التربة الملوثة (Othman &Al-Masri,2002). حيث أن Ra<sup>226</sup> قد وصل إلى قيمة أعلى من 100Bq/g في النقاط الساخنة. والجدول(4) يبين بعض القيم في مواقع مختلفة. وقد لوحظ بأن التلوث تركز في الطبقة السطحية من التربة حتى عمق 50cm في بعض المناطق. وقد حددت المعايير السورية للتخلص والتنظيف للتربة الملوثة وفقاً لـ: [2],[3],[4],[5]

1-التربة الملوثة التي تحتوي على أقل من 0.15Bq/g من Ra226 لا تحتاج إلى أي علاج.

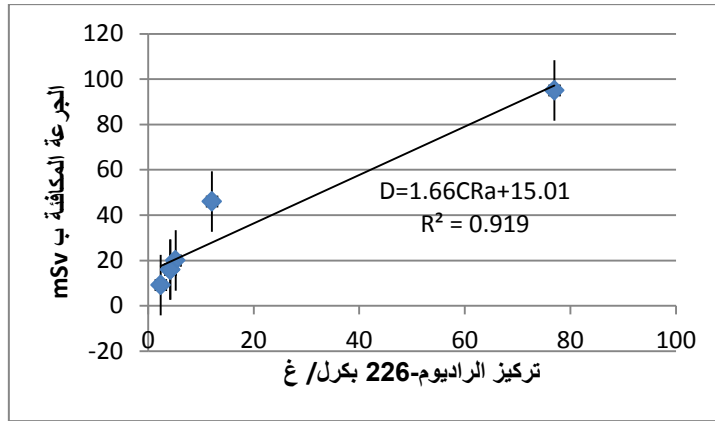
2-المناطق الملوثة الحاوية على النشاط النوعي لـ Ra226 بين 0.15Bq/g و 5.2Bq/g تحتاج لمعاملة خاصة في الموقع لتقليل التعرض إلى قيمة تحت 100µSv/y، ولم يتم وضع أي معايير للتخلص من الرواسب القاسية والطينية والمعادن الملوثة.

3-التربة التي تحتوي على نشاط نوعي لـ Ra226 أعلى من 5.2Bq/g تعتبر نفايات مشعة.

حيث لا يجوز أن يتجاوز النشاط النوعي للتربة 100µSv/y أو لا يتجاوز 10 Bq/g أي 270 nCi/kg والتي تقترح IAEA عدم تجاوزها، حيث الخلفية الإشعاعية الطبيعية هي 0.07 µGy/h. [19].

وتعتمد المعايير التي رصدت سابقاً على الاعتبارات التالية: يمكن أن تستخدم الكتلة أو النشاط النوعي السطحي لبعض نشاط النظائر مثل Ra226 أو النشاط النوعي الكلي للموقع.

وقد أجريت دراسة لتقييم المخاطر الكمية. وقدمت هذه الدراسة علاقة بين معدل النشاط النوعي لـ Ra<sup>226</sup> في المواقع الملوثة والجرعة التي يتلقاها أعضاء من العامة الشكل (2) والجدول (4). ووجد بأن التعرض الخارجي هو التعرض الأكثر هيمنة بل هو الأكبر بما لا يقل عن مرتبة واحدة في القيمة من المسارات الأخرى. ولوحظ أيضاً بأن العلاقة الخطية تبقى مسيطرة طالما النشاط النوعي تحت 15Bq/g والنشاط النوعي لـ Ra<sup>226</sup> 0.15Bq/g. والتي تعطي جرعة 1mSv للفرد الذي هو مقيم دائم في الموقع بينما في حال النشاط النوعي للراديوم Ra<sup>226</sup> كان 5.2Bq/g يعطي جرعة 20mSv على افتراض بأن الإقامة 100%. والإقامة الحالية في جميع المواقع الملوثة هو أقل بكثير من 10%.



الشكل (2): العلاقة بين الجرعة السنوية التي يتلقاها العمال والنشاط النوعي لـ  $Ra^{226}$

Location الموقع	Th	OM <sub>1</sub>	OM <sub>2</sub>	OM <sub>2</sub>	EIW	Mal
Average Ra <sup>226</sup> (Bq/g) المعدل	77	5.2	12.1	4.2	4.2	2.4
Equivalent Dose الجرعة المكافئة mSv	95	20	46	16	16	9.2

الجدول (4) مستويات معدل التلوث والجرعة التي يتلقاها العمال في مناطق مختلفة على افتراض أقامة 100% [6]

اقترح بناء مركم disposal mounds للتخلص من التربة الملوثة التي تمتلك نشاطاً نوعياً أعلى من 5.2Bq/g تحت الرقابة التنظيمية الصارمة. ومع ذلك يتم التخلص من الأكوام بموافقة السلطة التنظيمية والتي تستخدم حالياً من قبل شركات النفط السورية، ولا يتم تجميعها في مركم مخصص.

#### حدود عمل NORM (Action limits of NORM):

قد يكون في حدود العمل من أجل التخلص من نفايات المواد المنصوص عليها في اللوائح الوطنية. ومع ذلك فإنه في غياب اللوائح الوطنية يمكن أن تستعمل بعض الحدود التي ستمنحنا الالتزام بالممارسات الدولية الحالية. فالمواد والنفايات (الرواسب والكدارة) الحاوية على NORM بمستويات أقل من تلك الموضحة في الجدول (5) ستعفى من هذه الإجراءات. والتربة التي ليس لديها تلوث بالراديوم-226 بمقدار 0.185 بكرل لكل غرام (5 بيكو كوري لكل غرام) فوق العد الخلفي تعتبر مستوى مقبول من الخطر. وتعتبر المعدات والصمامات والملابس ملوثة بـ NORM إذا كان التلوث السطحي الخارجي والداخلي ضعف مستويات العد الخلفي.

Radionuclide النظائر	Exemption Level(Bq/g) مستوى الإعفاء	Exemption Level(pCi/g) مستوى الإعفاء
Ra-226	1.1	30
Ra-228	1.1	30
Pb-210	0.2	5
Po-210	0.2	5
U-238	5.5	150
Uranium(nat.)	3.0	80

الجدول (5) مستويات إعفاء NORM [7]

**تلوث حقول النفط بالمواد المشعة الطبيعية:** يحمل الماء المنتج Produced Water النظائر المشعة الطبيعية والتي لم تترسب في الأنابيب والخزانات على هيئة رواسب حرشفية ولهذا فإن رمي الماء إلى البيئة المحيطة يلوث التربة ويعرض العاملين وعموم الناس إلى خطر التعرض الإشعاعي. ولقد لجأت العديد من شركات النفط في بداية إنتاجها إلى رمي هذه المياه في البيئة لتتبخر بفعل العوامل الجوية وبخاصة فعل أشعة الشمس، حيث كثر عدد البحيرات أو الحفر غير المبطنة لجمع هذه المياه، مما أدى إلى تراكم الأملاح المشعة في هذه الحفر والبحيرات مع مرور الزمن وحدث تلوث بالمواد المشعة الطبيعية، وهذه الأخيرة يمكن أن تتأثر بعمليات الغسل وربما تنتقل إلى البيئة وإلى المياه الجوفية. وبخاصة عندما تنشأ قنوات تسمح للمياه بالانسياب عند امتلاء هذه الحفر [8]. وقد دعي ذلك إلى إيجاد معايير وقواعد مستوى معالجة التلوث وإزالته وإعادة تأهيل المناطق الملوثة. ولقد لوحظ هذا بالفعل في بعض مواقع رمي هذه المياه في حقول النفط في أمريكا ونيجيريا وغيرها [9:16] وبين الجدول (6) نتائج قياس عينات تربة ملوثة بالمياه المنتجة في أحد حقول النفط في سورية بمنطقة دير الزور. هذا وقد قامت شركة النفط في تلك المنطقة باتخاذ التدابير للحد من انتشار التلوث إلى جانب السعي إلى إزالة ما قد تلوث بناء على توصيات هيئة الطاقة الذرية السورية [17],[18].

النشاط النوعي للراديووم 224 (بكرل / كغ) Radium-224 Concentration	النشاط النوعي للراديووم 228 (بكرل / كغ) Radium-228 Concentration	النشاط النوعي للراديووم 226 (بكرل / كغ) Radium-226 Concentration	رقم العينة Code Number
10700	13900	18200	1
4400	5500	6800	2
1200	1100	990	3
8500	9800	13400	4

الجدول(6) تراكيز نظائر الراديوم في بعض عينات تربة ملوثة بالمياه المرافقة للنفط في حقول شركة دير الزور للنفط في سورية

**هدف الدراسة:** تعتبر سورية من الدول المنتجة للنفط، حيث تنتشر آبار النفط في معظم أراضيها. يستخرج النفط والذي يرافقه المياه المنتجة بالتقانات المعروفة وينقل إلى محطات المعالجة لفصل النفط من المياه المرافقة. قامت شركات النفط السورية في بدايات إنتاجها برمي المياه المرافقة في بحيرات تبخير بهدف تعريضها لأشعة الشمس وتبخيرها ويقوم معظمها حالياً بإعادة حقن المياه المرافقة للتخلص منها. أدى رمي المياه المرافقة في بحيرات التبخير إلى تلوث هذه البحيرات بالمواد المشعة الطبيعية ولهذا تهدف الدراسة الحالية إلى:

1. تحديد مستويات التلوث بالمواد المشعة الطبيعية NORM في أحد حقول شركة نفط سورية (حقل العمر).
2. اقتراح سبل معالجة التلوث بالمواد المشعة الطبيعية.

**جمع العينات:** تم جمع 16 عينة تربة سطحية من أماكن مختلفة من محطة المعالجة المركزية في حقل العمر والتي يتوقع بأن هناك نسبة من التلوث في بعض الأماكن، جمعت عينات التربة السطحية على عمق 5 سم تقريبا وبما يعادل 1200 إلى 1400 غرام من التربة.

**المسوحات الإشعاعية:** أجريت مسوحات إشعاعية أولية لأماكن مختلفة في محطة المعالجة المركزية في حقل العمر. وذلك باستخدام جهاز السافيمو (عداد غاما) المزود بكاشف يودييد الصوديوم شكل (3) أخذت القراءات على ارتفاع 1 متر من سطح التربة، وبناءً على المسوحات الإشعاعية الأولية للمناطق التي كان يعتقد أنها ملوثة من خلال النشاط

النفطي المجاور تم جمع عدد من عينات التربة السطحية وبيين الجدول (7) نتائج المسوحات الإشعاعية لهذه الأماكن ومواقعها.



شكل (3) جهاز السافيمو (عداد غاما) المزود بكاشف يوديد الصوديوم NE Technology

رقم العينة Code number	الموقع Location	نتيجة القياس بالسافيمو cps (عدة بالثانية)
S <sub>1</sub>	بجانب مضخة للماء الناتج P-402	50.3
S <sub>2</sub>	بجانب مضخة للماء الناتج P-408	127
S <sub>3</sub>	بجانب خزان للنفط T-309	160
S <sub>4</sub>	بجانب مضخة للماء الناتج P-400	50.0
S <sub>5</sub>	بجانب مضخة للماء الناتج P-404	50.2
S <sub>6</sub>	بجانب مضخة للماء الناتج P-36104	67.5
S <sub>7</sub>	بجانب مضخة للماء الناتج P-36122	158
S <sub>8</sub>	بجانب مضخة للماء الناتج P-36407	56.6
S <sub>9</sub>	بجانب مضخة للماء الناتج P-502	50.0
S <sub>10</sub>	بجانب مضخة للماء الناتج P-357	50.0
S <sub>11</sub>	بجانب مضخة للماء الناتج P-403	113
S <sub>12</sub>	بجانب مضخة للماء الناتج P-410	50.0
S <sub>13</sub>	بجانب خزان للنفط T-405	143
S <sub>14</sub>	بجانب خزان للنفط T-501	62.3
S <sub>15</sub>	بجانب مضخة للماء الناتج P-406	58.45
S <sub>16</sub>	بجانب خزان للنفط T-502	135.4

الجدول (7) نتائج المسوحات الإشعاعية في محطة المعالجة المركزية بحقل العمر

يلاحظ من الجدول أن القراءات قد تراوحت بين (50-160) عدة بالثانية.



**التحليل الإشعاعي للعينات:** يشمل التحليل المخبري لتعيين نظائر الراديوم في التربة مرحلتين الأولى وهي مرحلة تحضير عينات التربة ومن ثم القياس بواسطة أجهزة مطيافية غاما كما يلي:

**مرحلة تحضير عينات التربة:** تم تحضير عينات التربة للقياس بمطيافية غاما بإزالة الأحجار بالكامل بإمرار العينات عبر منخل 30 ميش ومن ثم جففت في الفرن لمدة 24 ساعة عند الدرجة 90 درجة مئوية. بعد التجفيف و الطحن للوصول إلى أكبر درجة من التجانس بين حبيبات المادة المكونة للعيينة. تم ملء كمية من التربة في عبوات القياس المعتمدة حيث كانت كمية العينة 1000 غرام وتلك الكمية كافية لتحديد نشاط نظائر الراديوم بارتياح أقل من 5% ( $\pm 2\sigma$ ) وبدرجة وثوقية 95% لزمن فحص العينة الواحدة بمقدار تعداد 50 ألف ثانية أي ما يعادل 13 ساعة و 53 دقيقة وفي حال كانت العينات ذات نشاط مرتفع فمن الممكن تخفيض زمن التعداد، باستعمال كاشف جرمانيوم عالي النقاوة والمردود (80%)، بعد أن تم تخزين عينات التربة وحفظها لمدة شهر واحد لكي تتوازن نظائر الراديوم مع وليداتها. تم القياس بالتعاون مع مخبر المطيافية في هيئة الطاقة الذرية بدمشق.

**قياس العينات إشعاعياً:** استخدم في قياس عينات التربة في الدراسة الحالي مطيافية غاما HpGe ذات مقدرة الفصل العالية مزودة بكاشف جرمانيوم من النوع P-Type عالي النقاوة مردود كشفه النسبي 80% ومقدرة فصله عند الطاقة 1332 keV هي 1.85 keV لتحديد نشاط نظائر الراديوم. استعمل الخط الطيفي 186.2 keV بشدة إصدار نسبية 3.51% لتحديد نشاط الراديوم (Ra-226) حيث أهمل عامل التصحيح الناتج عن مساهمة الخط الطيفي 185.7ke.V لليورانيوم (U- 235) بسبب نشاطه المنخفض جداً في كل العينات الناجمة عن الصناعة النفطية، إذ تشير المراجع إلى أن تراكيزه أقل من 0.1 بكرل/غرام [8].

بالإضافة إلى ذلك، جرى قياس نشاط الراديوم (Ra-226) أيضاً من خلال قياس نشاط وليداته الرصاص (Pb-214) له طاقتين هما 351.9 keV و 295.2، والبزموت (Bi-214) له طاقتين هما 609 keV و 1120، بعد إغلاق العينة بإحكام وحفظها لمدة شهر لضمان توازن الراديوم ووليداته من حيث التفكك الإشعاعي. وجرى تحديد نشاط الراديوم (Ra-224) بواسطة الخطوط الطيفية لوليداته الرصاص (Pb-212) والبزموت (Bi-212) والتاليوم Tl-208 (208) بينما تم تحديد نشاط الراديوم 228 بواسطة وليده الاكتينيوم 228 (الجدول 8).

النظير المشع Radionuclide	النظير البنت Parent	الطاقة Energy (ke.V.)	احتمالية غاما (%) Gamma Probability
Ra-228	Ac-228	338.4	11.26
		911.2	26.6
Ra-224	Pb-212	239	43.5
		727.3	6.64
		583.2	30.58
Ra-226	Ra-226	186.2	3.51
		295.2	18.2
		351.9	35.1
		609	44.6
Pb-210	Bi-214	1120	14.7
		46.5	4.05

الجدول (8) الطاقات والشدات النسبية المستعملة في حساب نشاط النظائر

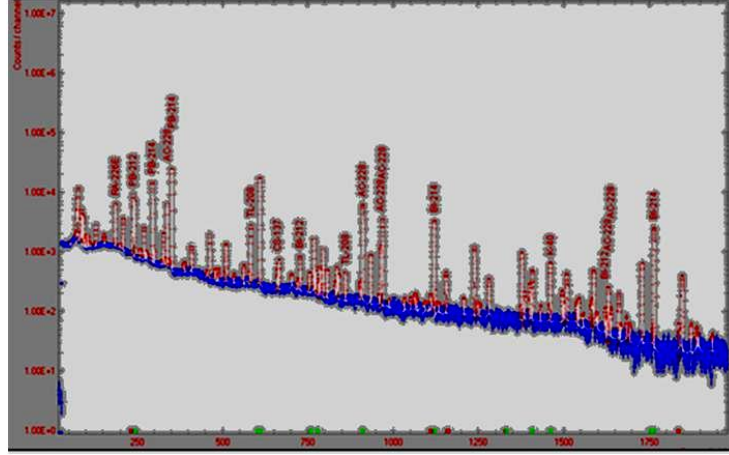
**النتائج والمناقشة: النشاط الإشعاعي في التربة:** يوضح الجدول (9) نتائج قياس النشاط الإشعاعي في التربة

لمحطة المعالجة المركزية في حقل العمر.

$S_3$ (Bq/kg)	$S_2$ (Bq/kg)	$S_3$ (Bq/kg)	$S_2$ (Bq/kg)	$S_1$ (Bq/kg)	رقم العينة	
			16.6±11.2		Th <sup>234</sup>	
0.007±0.0006	0.002±0.0005	2.6±0.7	7.7±0.6		Cs <sup>137</sup>	
0.3±0.01	0.2±0.01	148.9±10.7	257±11.5	0.3±0.04	K <sup>40</sup>	
		253.6±8.3	252.9±6.4		Tl <sup>208</sup>	
		233±45.3	338.6±13.4		Bi <sup>212</sup>	
		336.6±12	318.2±8.3		Pb <sup>212</sup>	
0.60±0.020	0.04±0.003	531.5±16.6	433.1±9.7	1.1±0.04	Ac <sup>228</sup>	
		756.2±23.7	532.4±18.5		Bi <sup>214</sup>	
		856.9±28.1	698.2±17		Pb <sup>214</sup>	
0.30±0.008	0.02±0.003			0.5±0.02	Ra <sup>224</sup>	
1.1±0.04	0.1±0.02	1136±59	900.8±40.6	2.1±0.1	Ra <sup>226</sup>	
$S_{10}$ (Bq/kg)	$S_9$ (Bq/kg)	$S_8$ (Bq/kg)	$S_7$ (Bq/kg)	$S_6$ (Bq/kg)	رقم العينة	
					Th <sup>234</sup>	
0.005±0.001	0.003±0.0004	1.1±0.5	7.2±0.7	6.8±0.5	Cs <sup>137</sup>	
0.2±0.02	0.2±0.01	92±10	212.8±12	278.6±13	K <sup>40</sup>	
			142.1±5.4	111.8±4	Tl <sup>208</sup>	
			134.9±30.9	140.5±8.8	Bi <sup>212</sup>	
			179.4±9.3	136.9±5.2	Pb <sup>212</sup>	
0.03±0.003	0.05±0.003	11±2	620.7±21.4	232.5±7.4	Ac <sup>228</sup>	
			134.9±30.9	267.9±9.4	Bi <sup>214</sup>	
			840.7±36.4	301.4±10.4	Pb <sup>214</sup>	
0.03±0.002	0.04±0.003	12±1.2			Ra <sup>224</sup>	
0.1±0.02	0.1±0.02	47±10	1117±74.1	479±26.9	Ra <sup>226</sup>	
$S_{16}$ (Bq/kg)	$S_{15}$ (Bq/kg)	$S_{14}$ (Bq/kg)	$S_{13}$ (Bq/kg)	$S_{12}$ (Bq/kg)	$S_{11}$ (Bq/kg)	العينة رقم
				0.03±0.02	22.3±10.8	Th <sup>234</sup>
3.8±0.5	0.01±0.005	0.002±0.0001	8.5±1.5	0.004±0.001	6.6±0.5	Cs <sup>137</sup>
105±6.9	8.1±2.1	3.1±0.01	186±16.3	0.2±0.01	147±10.4	K <sup>40</sup>
204±8.2			245.8±6.3		141.8±5.3	Tl <sup>208</sup>
431±14.1			318±14.1		227±12.4	Bi <sup>212</sup>
631±10.9			301±8.9		207±7.2	Pb <sup>212</sup>
721±14.8	15.3±2.1	8.1±0.02	452±9.8	0.02±0.002	322±8.6	Ac <sup>228</sup>
420±8.5			320±12.1		432.3±17.4	Bi <sup>214</sup>
531±13.5			641.8±18.2		587.1±16	Pb <sup>214</sup>
	0.08±0.002	0.3±0.004		0.02±0.003		Ra <sup>224</sup>
961±65.3	62±8.9	87±5.2	1011±50.2	0.06±0.02	800.7±39.5	Ra <sup>226</sup>

الجدول (9) النشاط النوعي (بكرل في الكيلوغرام) للتربة المحيطة

كما هو موضح بالجدول (9) تكون النشاطات النوعية للراديويم-226 متغيرة جدا وتتراوح من 0.1 Bq/Kg إلى 1136Bq/Kg وأكتشف أعلى نشاط (1011, 1117, 1136) للعينات 3-7-13 على التوالي. فالعينة 3 أخذت من جانب خزان للنفط T-405 والعينة 7 من جانب مضخة للماء الناتج والعينة 13 من جانب خزان للنفط T-309. كما تراوح النشاط النوعي للراديويم-228 من جهة أخرى بين 0.02Bq/Kg-721Bq/Kg وللراديويم 226 كان أعلى منه للراديويم-228. الشكل التالي (4) يمثل طيف كل العينة S<sub>7</sub> :



الشكل(4)طيف عينة تربة ملوثة(S<sub>7</sub>)

ولحساب معدل الجرعة الممتصة الخارجية لغاما external gamma absorbed dose rate لكل عينة من العينات تم استخدام العلاقة التالية:[19]، [22]

$$D_{\gamma} = (0.417 C_{Ra} + 0.604 C_{Th} + 0.0417 C_k) \times 10^{-3} \quad (Rabee,2009)$$

حيث استبدل الثوريوم بالراديويم-228 لأنه حسب [19] تكون المساهمة الرئيسية لسلسلة الثوريوم هو البنت Ra-228 :

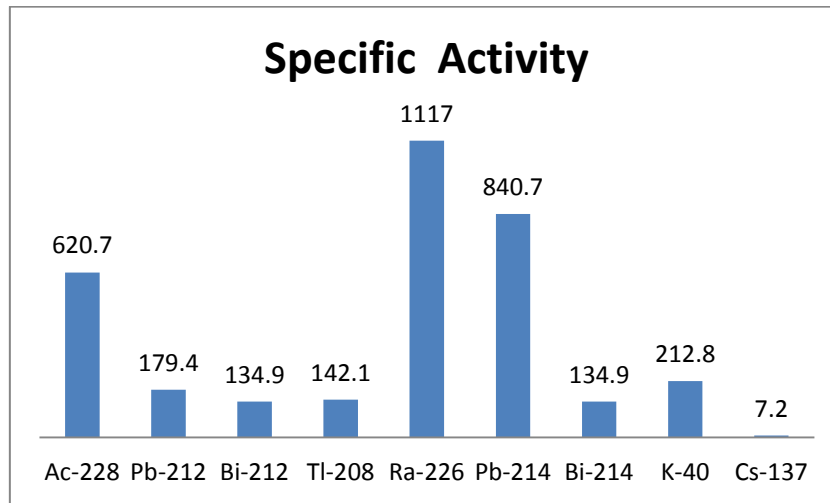
$$D_{\gamma} = (0.417 C_{Ra} + 0.604 C_{Ra-228(Th)} + 0.0417 C_k) \times 10^{-3} \quad (Rabee,2009)$$

حيث  $C_{Ra}$  و  $C_{Th}$  و  $C_k$  النشاط النوعي لكل من الراديويم 226 والراديويم 228(الثوريوم 234) واليوتاسيوم 40 على التوالي بـ Bq/Kg ومعدل الجرعة  $D_{\gamma}$  بـ  $\mu\text{Sv/h}$  الناتج عن أشعة غاما وهي الجرعة المرجعية reference dose في الهواء خارج المبنى على ارتفاع 1 متر، والمعادلة مقترحة من قبل اللجنة العلمية للأمم المتحدة عن تأثير الإشعاع النووي [19]. الثوابت في المعادلة تمثل مقدار مساهمة هذه العناصر في الجرعة الكلية الناتجة مقدرة بتأثير أشعة غاما مفترضين أن بقية الجرعات من  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{235}\text{U}$  مهملة ولا تعطي كبير أثر على الجرعة الكلية للخلفية الإشعاعية، حيث تم الافتراض أن 370 Bq/kg من الراديويم Ra-226 أو 259 Bq/kg من الثوريوم Th-232 أو 4810 Bq/kg من اليوتاسيوم K-40 تنتج جميعها نفس معدل جرعة غاما gamma dose rate. الجدول (10) يمثل معدل الجرعة لكل عينة من العينات.

الموقع	معدل الجرعة ( $\mu\text{Sv/h}$ )	الموقع	معدل الجرعة ( $\mu\text{Sv/h}$ )
soil 1	0.00155261	soil 9	0.00008024
soil 2	0.6479429	soil 10	0.00006816
soil 3	0.8009471	soil 11	0.5345098
soil 4	0.0000742	soil 12	0.00004544
soil 5	0.0008336	soil 13	0.7023512
soil 6	0.35179062	soil 14	0.04130067
soil 7	0.84956556	soil 15	0.03543297
soil 8	0.0300794	soil 16	0.8405995

الجدول (10) معدل الجرعة بالميكرو سيفرت بالساعة

والشكل التالي يمثل نشاط النظائر المشعة في عينة التربة S7 :



الشكل (5) النشاط النوعي للنظائر المشعة في العينة S7

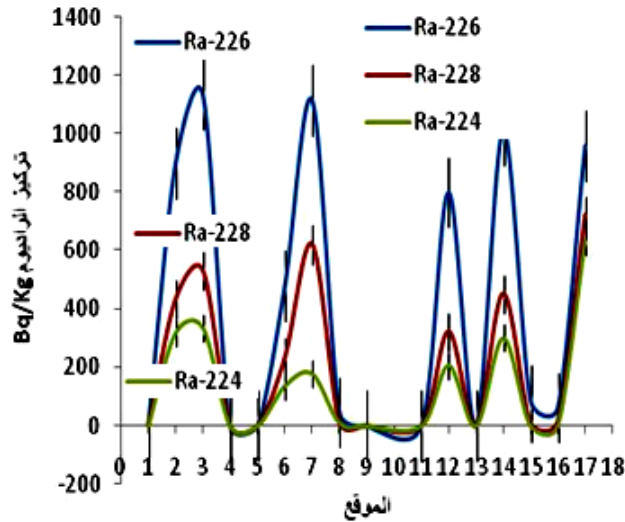
يلاحظ من الشكل التالي (5) أن الراديوم-226 يملك أعلى نشاط نوعي في هذه العينة وأن السيزيوم يملك أدنى نشاط نوعي. كذلك يملك كل من البزموت-212 والبزموت-214 نشاطاً نوعياً واحداً.

تجدر الإشارة هنا إلى أن العنصر Cs-137 هو عنصر صناعي ليس موجوداً في الطبيعة، ولكن نتيجة للتجارب النووية التي أجريت في فترة الخمسينات و الستينات من القرن العشرين في المناطق القريبة على خط العرض الذي تقع عليه سورية فإنه قد أصبح موجوداً (في العالم كله) وقمنا بمقارنته مع أرقام دراسات عمان جدول (12) فنجد أن وجوده في سورية أعلى من وجوده في عمان لأن سورية تقع على حزام خطوط عرض قريبة من آسيا الوسطى والصحراء الأمريكية و تشرنوبيل والأخير هو المسبب الأكثر احتمالاً في التلوث بالسيزيوم-137.

نشاط السيزيوم في عمان بكرل بالكيلوغرام	نشاط السيزيوم في سورية بكرل بالكيلوغرام
1.02±0.23	7.7±0.6

الجدول (11) النشاط النوعي للسيزيوم في عمان و سورية

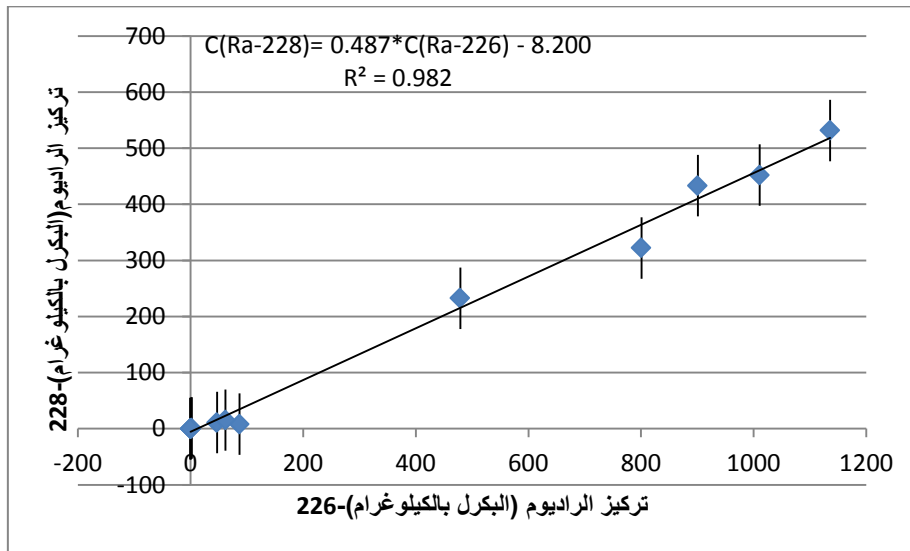
و بمقارنة النشاط النوعي لنظائر الراديوم في عينات التربة نحصل على الشكل التالي (6):



الشكل (6) تراكيز نظائر عينات التربة في محطة المعالجة المركزية بحقل العمر

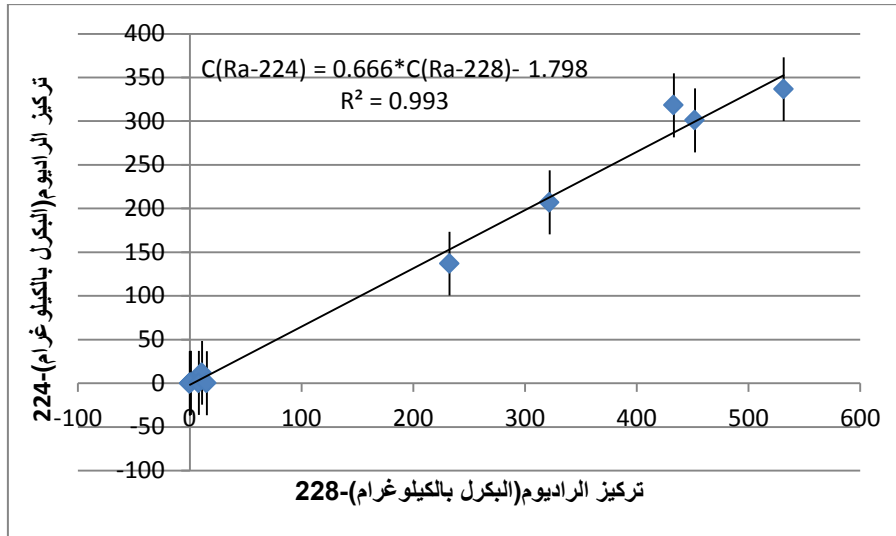
نلاحظ من الشكل التالي التوافقية في الترتيب مهما اختلف مكان العينة كما كان أعلى نشاط نوعي للراديوم-226 هو 1136Bq/Kg وأدناه 0.06 أما أعلى نشاط نوعي للراديوم-228 هو 721Bq/Kg وأدناه 0.02Bq/Kg أما الراديوم 224 فأن أعلى نشاط نوعي له 631Bq/Kg وأدناه 0.02Bq/Kg ، وأن النشاط النوعي للراديوم-226 أعلى من النشاط النوعي للراديوم-228 والراديوم-224 حيث أن الراديوم-226 من سلسلة اليورانيوم-238 وأن الراديوم-228 والراديوم-224 من سلسلة الثوريوم-232 أي أن نسبة وجود بنات سلسلة الثوريوم أدنى من نسبة وجود بنات سلسلة اليورانيوم. ذلك لأن نصف عمر الراديوم-226 هو 1600 سنة وهو أكبر من نصف عمر الراديوم-228 وهو 5.75 سنة.

ويمثل الشكل (7) العلاقة بين النشاط النوعي للراديوم 228 والراديوم 226 في محطة المعالجة المركزية :



الشكل (7) العلاقة بين النشاط النوعي للراديوم-226 والنشاط النوعي للراديوم-228

ويرسم العلاقة بين النشاط النوعي للراديوم-228 والراديوم-224 حصلنا على الشكل التالي (8):



الشكل (8) العلاقة بين النشاط النوعي للراديوم-224 والنشاط النوعي للراديوم-228

**مقارنة مع جداول عالمية:** يتراوح النشاط النوعي لنظائر التربة المحيطة بالحقول في كل من AL-Noor, Bahja-

Marmul, Nimr في عُمان والمعدل العالمي (UNSCEAR, 2000) لوحظ كما يلي [20] الجدول (12):

Sample ID	Ra-226	Ra-228	Th-228	K-40	Cs-137	Ra <sup>228</sup> :Ra <sup>226</sup>	Th <sup>228</sup> :Ra <sup>228</sup>
Bahja	38.1±5.4	11.3±1.4	9.1±1.4	293±8	1.02±0.23	0.30±0.08	0.81±0.22
AL Noor	30.4±5.2	7.7±0.8	7.1±0.4	108±5	0.58±0.18	0.25±0.18	0.92±0.15
Nimr	27.2±1.3	5.7±0.4	5.7±0.4	111±2	<0.12	0.21±0.03	1.00±0.44
Marmul	41.2±4.9	7.8±1.1	6.5±1.5	93±5	<0.44	0.19±0.05	0.83±0.31
Mean+_SE	34.2±3.8	8.1±1.3	7.1±0.8	151±55	-	0.24(0.03)	0.89(0.05)
Standard Deviation	6.5	2.3	1.5	95	-	0.05	0.09
World Median	35	30	30	400			

الجدول (12) النشاط النوعي للنظائر في تربة حقول عمان.

نلاحظ من الجدول أن أعلى نشاط نوعي للراديوم-226 هو 41.2±4.9 Bq/kg وللراديوم-228 هو 30 Bq/kg ولـ Th-228 هو 30 Bq/kg ولـ K-40 هو 400 Bq/kg ولـ Cs-137 هو 1.02±0.23 Bq/kg .

حيث أن كلاً من Ra<sup>228</sup> و Th<sup>228</sup> في توازن طويل الأجل مع Th<sup>232</sup> فإن تراكيزها التي حصلنا عليها في محطة المعالجة المركزية في حقل العمر تعتبر عالية نسبياً مقارنة مع النتائج العمانية التي لا تحتوي على أي نسبة من التلوث حسب المعايير السورية. تحتاج مواقع بعض العينات في حقل العمر إلى معالجة خاصة لتقليل التعرض فيها إلى أقل من 100µSv/d وكما لوحظ وجود للثوريوم Th-228 في حقول عمان لم يلاحظ وجوده في الحقول السورية وهذا يعود إلى البنية الجيولوجية للأرض.

بمقارنة النتائج التي حصلنا عليها مع نتائج في حقول سورية ولكن بمناطق في محطات نفطية أخرى [21] فإن أدنى نشاط نوعي للراديويم-226 1.34Bq/g وأعلى 7.75Bq/g وأدنى نشاط نوعي للراديويم-228 0.34Bq/g وأعلى 2.42Bq/g وأدنى نشاط نوعي للراديويم-224 0.30Bq/g وأعلى 2. Bq/g .

رقم العينة	نشاط(البكرل بالغرام) Ra <sup>226</sup>	نشاط(البكرل بالغرام) Ra <sup>228</sup>	نشاط(البكرل بالغرام) Ra <sup>224</sup>
S <sub>17</sub>	2.80±0.23	0.77±0.04	0.71±0.04
S <sub>18</sub>	1.34±0.2	0.34±0.04	0.30±0.04
S <sub>19</sub>	7.75±1.0	2.00±0.12	2.00±0.02
S <sub>20</sub>	1.64±0.05	0.36±0.02	0.37±0.02
S <sub>21</sub>	7.43±1.04	2.42±0.12	1.90±0.10

الجدول ( 13 ) تحليل طيف غاما لتربة ملوثة [ 21 ]

نلاحظ من الجدول السابق (13) أن العينة S<sub>21</sub> والعينة S<sub>19</sub> تعتبر ملوثة فهي تحتوي على نشاط للراديويم-226 7.43Bq/g و 7.75Bq/g على التوالي وهو أعلى من 5.2Bq/g والعينة S<sub>17</sub>، S<sub>18</sub>، S<sub>20</sub> تحتاج إلى معالجة خاصة لتقليل التعرض إلى أقل من 100µ Sv/d .

### الاستنتاجات:

- 1) إن التراكيز المقاسة لنظائر الراديويم في التربة مرتفعة نسبياً بالمقارنة مع القيم المسجلة عالمياً والمسجلة في دول مجاورة مثل عمان.
- 2) أخذت عينات التربة من محطة يعمل بها عمال وكانت ملوثة مما يستدعي استخدام أنظمة أكثر كفاءة في عمل المحطة والرقابة، كما كانت بعض البروتوكولات التي تطبقها شركات أجنبية غير دقيقة ولا آمنة، مثل طريقة نثر التربة المشعة وتوزيعها في البيئة.

### توصيات الدراسة:

- 1) توجد عينات تربة مشعة لأبد من متابعة مصيرها في الطبيعة و معرفة كيفية انتشارها في الماء والمزروعات.
- 2) لابد من الرقابة من جهات متعددة و مختلفة التابعة على موضوع الملوثات المشعة في الصناعة النفطية، وتوفير الأجهزة المناسبة مخبرية ومحمولة لإجراء تحاليل التربة والمياه وغيرها وتأثير انتشار الملوثات على صحة السكان في الأماكن القريبة من الصناعة النفطية.
- 3) إجراء المزيد من بحوث الرقابة على انتقال عناصر TENORM إلى البلدات و المدن في المنطقة الشرقية في سورية.
- 4) إلغاء طريقة رمي المواد المشعة بعد خلطها بالتربة والتجريم القانوني والتشريعي لمن يفعل ذلك و تشديد الرقابة على الشركات الأجنبية التي تفعل ذلك وهذه الطريقة سببت كراهية للعلوم النووية لدى بعض الشعوب مثل ألمانيا وحالياً في أمريكا واليابان.
- 5) إذا كانت هناك حاجة ماسة ،لطرح المياه المرافقة في البيئة لتبخيرها ،إنشاء حفر مبطنة أو بحاجز طبيعي من طين البينتونايت (bentonite clay) (مادة طينية تمنع تسرب مياه بحيرة التبخير إلى باطن الأرض).
- 6) إجراء بحوث تتعلق بصحة السكان والسرطان قرب الشركات النفطية و الأراضي الملوثة بالمواد المشعة.
- 7) وضع خرائط إشعاعية للتربة لهذه الأماكن على المستوى الوطني.

- (8) وضع خرائط إشعاعية لمياه الآبار لهذه الأماكن على المستوى الوطني، مع مراقبتها بالتحاليل والأقمار الصناعية.  
 (9) تبادل التدريب بين الجامعات وهيئة الطاقة الذرية السورية و المراكز البحثية العربية والدولية بشكل مخطط.  
 (10) تعليم العامة وطلاب المدارس معلومات الثقافة الإشعاعية لأن معظم حوادث التعرض للأشعة جرت لمن يجهل ما هو الإشعاع وليس المتعلمين.

شكر: يشكر الباحثان إدارة هيئة الطاقة الذرية بدمشق والعاملين في مخابر المطيافية فيها وشركة الفرات للنفط (حقل العمر) وقسم الفيزياء في كلية العلوم بجامعة حلب لمساعداتهم في إنجاز هذه الدراسة.

### المراجع:

- 1) *Jonkers G, Hartog FA, Knaepen WAI, Lancée PFJ, Characterization of NORM in Oil & Gas Production (E&P) Industry, International Symposium on Radiological Problems with Natural Radioactivity in the Non-Nuclear Industry, Amsterdam, The Netherlands, September 1997.*
- 2) التكريتي صلاح الدين، النفايات المشعة تعريفها ومعالجتها وحفظها - 2005
- 3) *Al-Masri, M.S. and Othman(2008). Disposal Strategy for NORM Waste Generated by the Syrian Oil Industry. Atomic Energy Commission of Syria.*
- 4) *Al-Masri, M.S. , Othman. and Suman, H(2008)., Public And Regulatory Acceptability Of NORM Contaminated Soil Disposal: The SYRIAN EXPERINCE ,Atomic Energy Commission of Syria, Damascus.*
- 5) *Al-Masri, M.S. and Othman(2008)., Characterization of NORM Contaminated Sites At The Syrian Oil Field :Sampling, Analysis And Data Management.. Atomic Energy Commission of Syria. Damascus.*
- 6) *Al-Masri, M.S. and Suman, H., NORM Waste Management in the Oil and Gas Industry: The Syrian Experience, J. Radioanal Nucl. Chem. 256, 2003, 159-162.*
- 7) *Guidelines for the management of Naturally Occurring Radioactive Material (NORM) in the oil & gas industry/Report No. 412 September 2008.*
- 8) المصري، م. س. 2004، الدليل الإرشادي للتعامل المأمون مع المواد المشعة الطبيعية في صناعة النفط والغاز، هيئة الطاقة الذرية السورية، دمشق.
- 9) *Gott, G.B. Hill, J.W. . (1953), Radioactive in some oil Fields of South Eastern Kansas. U.S.G.S. Bull.988-E,69-122.*
- 10) *Gesell, T.F.(1975). Occupational Radiation Exposure due to Rn-222 in Natural Gas .*
- 11) *API, (1992). Bulletin on Management of Naturally Occurring Radioactive Materials (NORM) in Oil and Gas Production. Bulletin E2. Am. Petrol. Inst., Washington.*
- 12) *Gray, P. R. (1993). NORM Contamination in the Petroleum Industry. J. Petrol. Tech. 45, 12-16 .*
- 13) *Hassib, G. M. (1998),Radiation Safety Aspects in the Oil and Gas Production Facilities in Egypt, A Paper presented at Workshop on Pollutants in Oil Industry, Damascus, 27-30.*
- 14) *Komler, L. V., Myatelkin, P., Savchenko, V. (1933). Radioactivity of Waters from the Oil Fields of Dagestan, Kuban and Azerbaidzham. Tray. Inst. Etat. Radium, USSR 2,176-206(in English 206-207).*



- 15) *Schneider, K. (1990) Contaminated U S Oil Field, Int. Herald Tribune.*
- 16) *Zhuravel, N. E. (1999). Ukrainian Oil Field NORM Contaminated Examined. Oil Gas J. 97, 103-105.*
- 17) *Atomic Energy Commission of Syria (1997), Evaluation of Radiation Levels at Various Oil Fields Locations in Der Ezzor Area, Technical Reports.*
- 18) *Atomic Energy Commission of Syria (1998).Administrative Council Decision,44/98.1 .*
- 19) *Rabee, B. F., Abdallah, Z. Al-Zamel. Rana, A. & Al-Fares, B. H. (2009) Technologically enhanced naturally occurring radioactive materials in the oil industry (TENORM).A review.*
- 20) *Al-Farsi, N. A. (2008). Radiological Aspects of Petroleum Exploration and Production in the Sultanate of Oman.*
- 21) *Al-Masri, M.S., Suman, H., Aba, A., Mukalalati, H. (2000). NORM Levels at Der Ezzor Petroleum Company (DEZPC) Oilfield in Der Ezzor Area, Syrian Arab Republic.*
- 22) *Prasong Kessaratikoon And Susaira Awaekuchi. Natural Radioactivity Measurement In Soil Samples Collected From Municipal Area Of Hat Yai District In Songkhla Province, Thailand, KMITL Sci. J. Vol.8 No.2 (Section A) July – December, 2008*