

تقييم الفعالية الإشعاعية والخطر الإشعاعي المحتمل لنفايات النورم بفعل تصريف المياه المرافقة في منطقة خزانات النفط الخام في بانياس

الدكتور محمد غفر *

الدكتور فيصل مروشية **

رامي ديوب ***

تاريخ الإيداع 11 / 1 / 2017. قُبل للنشر في 11 / 5 / 2017

□ ملخص □

ينطوي التخلص العشوائي من المياه المرافقة لصناعة النفط والغاز في البيئة على مخاطر بيئية كتلوث التربة بالنورم (NORM) وزيادة التعرض الإشعاعي لإشعاع غاما الأرضي بالنسبة للعمال والعامّة. تهدف هذه الدراسة إلى قياس مستويات النشاط الإشعاعي في منطقة تصريف المياه المرافقة والمنطقة المجاورة، ضمن منطقة خزانات النفط الخام في موقع الشركة السورية لنقل النفط في بانياس. تم قياس معدل الجرعة الإشعاعية لإشعاع غاما الأرضي وتراوحت القيم المسجلة بين $(0.02 - 0.24) \mu\text{Sv.h}^{-1}$. وحددت عن طريق مطيافية غاما باستخدام كاشف جرمانيوم عالي النقاوة (HPGe) تراكيز الفعالية الإشعاعية للنظائر المشعة الحادثة طبيعياً (NORM) والتمثلة بنظائر الراديوم Ra^{226} والبوتاسيوم K^{40} والثوريوم Th^{232} في عينات سطحية من التربة أخذت من ثلاثة مواقع، اثنان منهما سجلا أعلى معدل للجرعة الإشعاعية والموقع الثالث سجل معدلا مثل السوية الإشعاعية الأرضية في المنطقة. وكانت أعلى قيمة للفعالية الإشعاعية للنظائر $\text{Ra}^{226}, \text{K}^{40}, \text{Th}^{232}$ في عينات التربة المختارة (55.9 , 213 , 210) Bq.kg^{-1} على التوالي. قدرت بعض مؤشرات الخطر الإشعاعية في منطقة الدراسة. تمت مقارنة النتائج التي أفضت إليها الدراسة مع النتائج المنشورة في بلدان مختلفة¹.

الكلمات المفتاحية: إشعاع غاما الأرضي، المياه المرافقة، صناعة النفط والغاز، بانياس.

* مدرس - قسم الكيمياء البيئية - المعهد العالي لبحوث البيئة - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية .
** مدرس - قسم الأطفال - كلية الطب البشري - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية .
*** طالب ماجستير - قسم الكيمياء البيئية - المعهد العالي لبحوث البيئة - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

Evaluation of Radioactivity and Potential Radiation Hazard of NORM waste due to Produced Water Draining in Crude Oil Tanks Area in Banyas

Dr. Mohammad Ghafar*
Dr. Faisal Marroshiah**
Rami Dayoub***

(Received 11 / 1 / 2017. Accepted 11 / 5 / 2017)

□ ABSTRACT □

Uncontrolled disposal of produced water from oil and gas industry in the environment involves the environmental hazard like contamination soil by NORM and increase the radiation exposure to terrestrial gamma radiation by workers and public. the study aims to measure radiation levels in the drainage zone and vicinity in the field of crude oil storage tanks in the site of Syrian company for oil transport in Banyas. Terrestrial gamma radiation dose was measured, the values ranged between 0.02 – 0.24 $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$. The radioactivity concentrations of NORM were determined for Ra^{226} , Th^{232} , K^{40} by gamma spectroscopy using HPGe detector in surface soil samples taken from three sites, two of them recorded the highest rate of radiation dose, while the third recorded the rate of radiation background. The Ra^{226} , K^{40} , Th^{232} highest concentrations in the soil samples were found to be 210, 213 and 55.9 Bq.kg⁻¹, respectively. Radiation indexes were estimated. The present results were compared with results published in different countries.²

Key words: Terrestrial Gamma Radiation, Produced water, Oil and Gas industry, Banyas

*Assistant professor, Department of Environmental Chemistry, Higher Institution for Environmental Researchs, Tishreen University, Latakia, Syria.

** Assistant professor, Department of Children, Faculty of Medicine, Tishreen University, Latakia, Syria.

*** Postgraduate Student, Department of Environmental Chemistry, Higher Institution for Environmental Researchs, Tishreen University, Latakia, Syria.

مقدمة:

يتعرض الإنسان بشكل طبيعي إلى مصدرين أساسيين من مصادر الإشعاع هما الأشعة الكونية ذات الطاقة العالية وكذلك النيوكليدات المشعة الموجودة في القشرة الأرضية، وهي توجد في كل مكان في التربة والماء والغذاء والهواء بما فيها الرادون المنبعث من التربة، وحتى داخل جسم الإنسان نفسه [1]. ويبلغ المعدل السنوي للجرعة الإشعاعية التي يتعرض لها الإنسان عبر التعرض الداخلي والخارجي من مصادر الإشعاع الطبيعية 2.4mSv يشكل منها الإشعاع الخارجي ما نسبته 35% [2,3].

وتساهم النيوكليدات الأرضية مثل اليورانيوم والثوريوم وسلاسل انحلالهما وكذلك البوتاسيوم بنسبة مهمة تبلغ حوالي 20% من المجموع العام للجرعة الناتجة عن المصادر الطبيعية، باعتبارها مصادر للإشعاع الخارجي وبشكل رئيس إصدارها لأشعة غاما، وهذه الجرعة متغيرة تبعاً لتراكيز النيوكليدات المشعة في التربة والمرتبطة بالتركيب الجيولوجي المحلي لكل منطقة أو إقليم [2,3,4,5]. تساهم النشاطات البشرية المختلفة أيضاً بزيادة التعرض لمصادر الإشعاع الطبيعية، وأحياناً تخلق ممرات تعرض جديدة تنشأ من خلال طرح النيوكليدات المشعة إلى البيئة عبر المنتجات أو المنتجات الثانوية، وكذلك النفايات الناتجة عن صناعات تستخدم مواد أولية تحتوي على النورم - NORM (Natural Occurring Radioactive Material) وتعني المواد المشعة التي تظهر بشكل طبيعي [1,6]. صناعة النفط والغاز هي إحدى هذه الصناعات، حيث تعد نظائر الراديوم Ra^{226} , Ra^{228} , Ra^{224} - وهي نواتج الانحلال الطبيعي لسلاسل U^{238} , U^{235} , Th^{232} - النفايات المشعة الأساسية التي تحتوي على النورم في ماء التشكيل والمياه المرافقة لصناعة النفط والغاز [7]. وتوجد في الرواسب الحرفشية والأوحال والمياه المرافقة، وتتراكم وتتكدس في وسائل الإنتاج المختلفة [6]. تتراوح الفعالية الإشعاعية للراديوم Ra^{226} , Ra^{228} في المياه المرافقة للنفط بين $0.002 - 1200 \text{ Bq.l}^{-1}$ [8]. وتعد هذه المياه من أكبر المنتجات الثانوية والمخلفات المرافقة لإنتاج النفط والغاز، حيث تقدر بعشرة أضعاف النفط المنتج [9]. وذلك يجعلها أكبر النفايات المشعة حجماً في صناعة النفط والغاز [8]. تسبب هذه الفعالية الإشعاعية للنورم ارتفاعاً في مستويات التعرض إلى الإشعاع المتأين الصادر عن نظائر الراديوم Ra^{226} , Ra^{228} ونواتج انحلاله، ولاسيما الباعثة لأشعة غاما التي تستطيع اجتياز جدران الأنابيب والمعدات الملوثة وكذلك الأوعية والحاويات المملوءة بالمياه المالحة [6]. ويمكن أن يقود التخلص غير المضبوط لنفايات النورم في البيئة إلى حدوث تلوث فيها يزيد من التعرض الإشعاعي للعمال والعامّة [8]. أنجز العديد من الأبحاث والدراسات حول النورم وتأثير النشاطات البشرية في صناعة النفط والغاز على السويات الإشعاعية والتعرض الإشعاعي من قبل العمال والعامّة. كانت دراسات المواد المشعة الطبيعية مقتصرة في سورية، منذ 1996 على مشاريع إزالة التلوث المتعلقة بالمواقع الملوثة [10]. ولاحقاً نشرت عدة دراسات ومسوحات إشعاعية حول النورم في صناعة النفط والغاز وقطاع الطاقة السورييين أظهرت خصائص نفايات النورم وأعطت نتائج حول الفعالية الإشعاعية للنيوكليدات المشعة في الرواسب الحرفشية والأوحال والمياه المرافقة والتأثيرات البيئية الناتجة عنها، كمقدار تلوث التربة ومقدار الجرعة الممتصة في حقول النفط وبعض منشآت الغاز [7, 8, 10, 16]. وتم في هذا العمل دراسة أثر عملية تصريف المياه المرافقة للنفط الخام والتي تساهم في رفع معدل الجرعة الإشعاعية المكتسبة لإشعاع غاما الأرضي الطبيعي، ورفع تراكيز الفعالية الإشعاعية للنيوكليدات الطبيعية ونواتج انحلالها وخصوصاً Ra^{226} في التربة ضمن منطقة خزانات النفط الخام التابعة للشركة السورية لنقل النفط في بانياس، والتي تعتبر جزءاً من قطاع صناعة النفط السورية.

أهمية البحث وأهدافه:

تشكل منطقة خزانات النفط الخام في موقع الشركة السورية لنقل النفط في بانياس جزءاً من قطاع صناعة النفط السورية، يتم فيها التخلص من المياه المرافقة ونزع الأملاح من النفط قبل التصفية أو التصدير. قدر محتوى هذه المياه من Ra^{226} في سورية بـ 41 Bq.l^{-1} [8]، ويمكن أن يصل إلى 100 Bq.l^{-1} [17]. ويمكن عدها نفاية النورم الرئيسية في منطقة خزانات النفط الخام تبعاً للنشاط القائم فيها. إن عملية التخلص من هذه المياه تتم في البيئة في حوض كل خزان، الأمر الذي يسبب نشر النظائر المشعة في البيئة وانتقالها من الماء إلى التربة، والذي يقود إلى رفع السوية الإشعاعية الأرضية للمنطقة، نتيجة ارتفاع تراكيز الفعالية الإشعاعية للنظائر المشعة في التربة وخاصة تراكيز Ra^{226} ونواتج انحلاله، وما ينجم عنه من تلوث للتربة في المنطقة و زيادة في معدل التعرض الإشعاعي لإشعاع غاما الأرضي الخارجي، يرافقه زيادة في مقدار الجرعة الإشعاعية الممتصة من الإشعاع المتأين التي يتلقاها العمال في تلك المنطقة بالدرجة الأولى وكذلك العامة.

إن عملية تصريف المياه المرافقة في منطقة الدراسة قائمة منذ عقود، وتأتي هذه الدراسة كتحقيق عن الجرعة الإشعاعية وخصوصاً إشعاع غاما الخارجي الناجم عن التعرض الإشعاعي الأرضي وعن توزع النيوكليدات المشعة في منطقة خزانات النفط الخام التابعة للشركة السورية لنقل النفط في بانياس، وتسمح بتقييم تأثير النشاطات على معدل التعرض للإشعاع المتأين على العمال والعامة وعلى البيئة وخصوصاً مدى تلوث التربة في المنطقة، كما تؤمن قاعدة بيانات للدراسات التخصصية المستقبلية على أشعة غاما في بيئة صناعة النفط في المنطقة المستهدفة، وتجب على مخاوف العمال خصوصاً في منطقة الخزانات حول السلامة المهنية. وتهدف الدراسة إلى قياس مستوى النشاط الإشعاعي وتقدير بعض مؤشرات الخطر الإشعاعية في منطقة خزانات النفط الخام والمنطقة المجاورة، وذلك في موقع الشركة السورية لنقل النفط في بانياس، ورسم خريطة إحدائية لتوزع معدلات الجرعة الإشعاعية في منطقة الدراسة. إن وجود المواد المشعة ومولدات الإشعاع في صناعة النفط والتعرض للإشعاع المتأين الصادر عنها من قبل العمال وعامة الناس جعل هذه الصناعة تحتاج إلى إطار تنظيمي محدد [6]، يأخذ الحماية الإشعاعية بعين الاعتبار.

طرائق البحث ومواده:

اعتمدت الدراسة على عملية مسح إشعاعي لقياس معدل الجرعة الإشعاعية لإشعاع غاما في منطقة الدراسة باستخدام جهاز قياس الجرعة الإشعاعية القابل للنقل (BELL A Geiger Counter Detector Radiation) (Dosimeter sbm-20)، وتم قياس الفعالية الإشعاعية في عينات التربة بتطبيق مطيافية غاما في مختبر هيئة الطاقة الذرية السورية بدمشق باستخدام كاشف جرمانيوم عالي النقاوة HPG e، ورسمت خرائط إحدائية لتوزع معدلات الجرعة الإشعاعية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية Geographic Information System، ونظام تحديد المواقع الجغرافية Geographic Position System باستخدام جهاز GPS محمول نوع Garmin G 12. واستخدمت في الدراسة البرمجيات اللازمة لمعالجة البيانات وهي: برنامج Arc GIS الإصدار 9,3 إضافة إلى برنامج Microsoft Excel.

1- منطقة الدراسة:

حقل الدراسة هو منطقة خزانات النفط الخام وهو أحد مواقع الشركة السورية لنقل النفط الواقعة على شاطئ بانياس غربي سورية، ويتوضع على خطي الطول $E35^{\circ}57'18'' - E35^{\circ}58'30''$ شرق خط غرينتش، وخطي العرض $N35^{\circ}12'54'' - N35^{\circ}13'30''$ شمال خط الاستواء. وتبعاً لموقع منطقة الدراسة بالنسبة لخطوط العرض وتوضعها

على الشاطئ، فإن قيمة معدل الجرعة من الأشعة الكونية الخارجية الواصلة إليها تقدر بـ 32 nSv.h^{-1} [1]، وقد تم تثبيت هذه القيمة وإهمالها لصغرهما ولكون القياسات جرت بفترات زمنية متشابهة من حيث الظروف الجوية. ويسود في المنطقة مناخ البحر المتوسط المعتدل المتميز بشتاء ماطر ودافئ، وصيف حار ورطب. ويتصف الهائل السنوي للأمطار بمجال تغير واسع بين 2000 mm – 800 mm في السنة، وتكون نسبة الهطول في الشتاء بين 55 – 60 % من الكمية الإجمالية، وتصل درجة التجميد في المنطقة إلى 3.5 – 4.5 درجة، أما نسبة الإضاءة خلال العام تتراوح بين 72 – 73 % وهي تمثل حالة الصحو وخلال الصيف تبلغ 90 % [18].

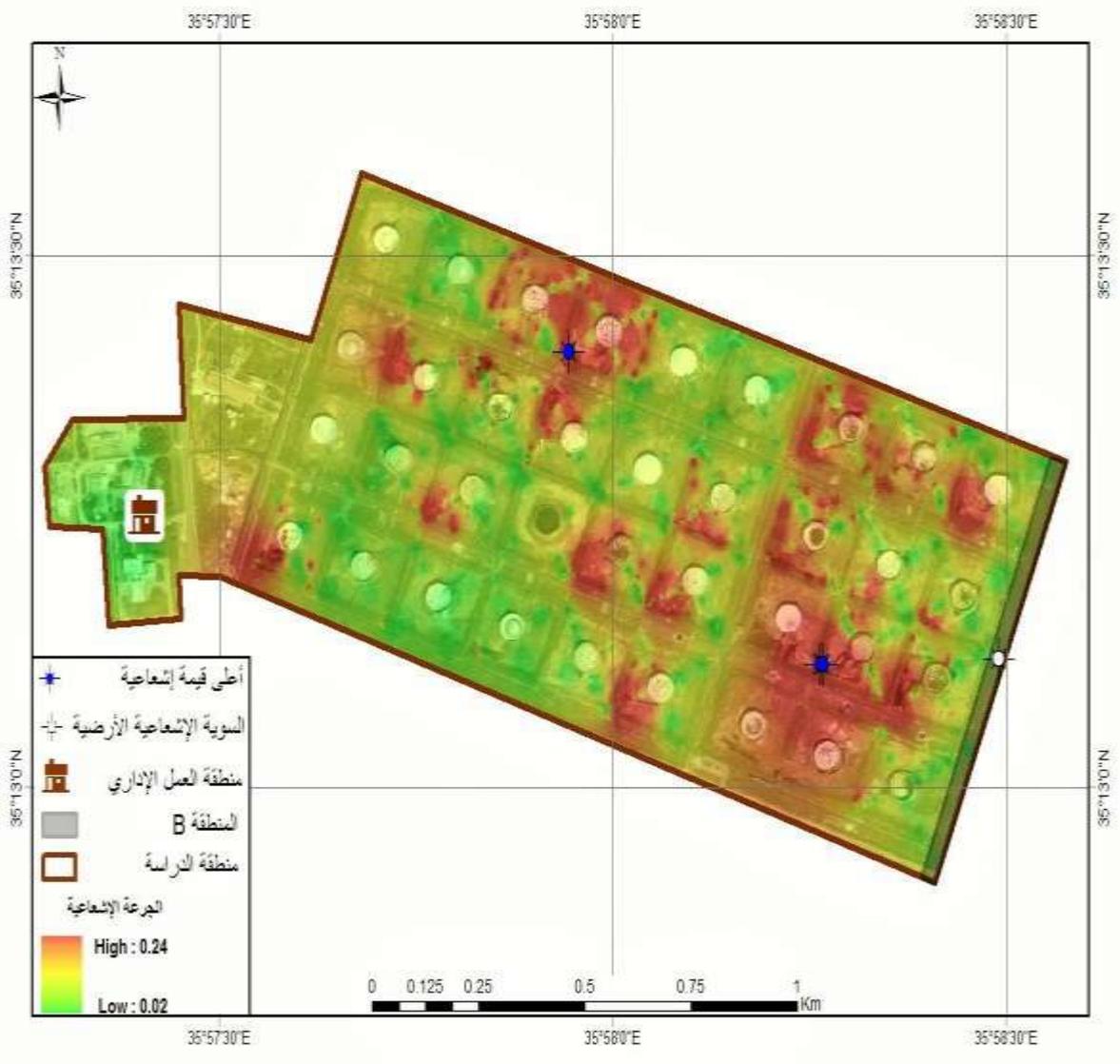
أما التتابع الطبقي للتربة في منطقة الدراسة فيعود إلى الرسوبيات الرباعية $P+FQ_3$ وهي تتألف من الكلس والدولوميت والحصى الصوانية ومن كتل ورمل تزيد سماكتها عن 10 m وتتلون الرسوبيات باللون البني لاحتوائها على الغضار [19]. بلغت مساحة منطقة الدراسة حوالي 1.257 km^2 شملت أحواض خزانات النفط الخام والمنطقة المجاورة، إضافة إلى منطقة العمل الإداري.

2- قياس معدل جرعة إشعاع غاما

تم انجاز مسوحات إشعاعية وقياس معدل جرعة إشعاع غاما الخارجي بـ $\mu\text{Sv.h}^{-1}$ ، حيث ثبت جهاز القياس على ارتفاع متر واحد من سطح الأرض وتمت عملية المسح ضمن أحواض الخزانات وفق مسارات مستقيمة متباعدة بمقدار 10 m، سجلت فيها قيمة الجرعة في نقاط متباعدة عن بعضها حوالي 2 m ضمن المسار الواحد، واعتمدت الآلية نفسها لدى القياس في المنطقة الشاهدة والواقعة على امتداد السور الشرقي لمنطقة الخزانات وغير المتأثرة بالنشاط القائم فيها، و تمت تسميتها بالمنطقة B، أما منطقة العمل الإداري فقد سُجّلت القياسات ضمن المبنى القديم والجديد وكذلك في جوار المبنيين. إن كل قراءة تم اعتمادها في عملية المسح سجلت كمتوسط لثلاث قراءات في النقطة الواحدة.

3- تحضير العينات

تم اختيار ثلاثة مواقع ضمن حقل الدراسة لإعتيان ثلاثة عينات ترابية من هذه المواقع، اثنان منها يمثلان أعلى قراءتين سجلتا لمعدل الجرعة الإشعاعية، أما الموقع الثالث فقد حدد لاعتيان عينة الشاهد ويقع في المنطقة B التي سجلت فيها قيمة السوية الإشعاعية الأرضية في منطقة البحث كما يوضح الشكل (1). وبما أن 91 % من تدفق الفوتونات عند ارتفاع 1m من سطح الأرض سببه الـ 10 cm الأولى من عمق التربة [20]، فقد حددت في كل موقع من المواقع السابقة منطقة بأبعاد $2 \times 2 \text{ m}^2$ جمعت منها العينات من عمق يتراوح 0 – 10 cm، استخدم المعول والفرش لجمع التراب من العمق المحدد بعد تقسيمه أفقياً إلى ثلاثة أقسام، وتم خلط التراب جيداً على صحيفة بلاستيكية مناسبة وتحضير عينة ترابية مفردة كبيرة، ثم وضعت العينات داخل أكياس بلاستيكية وميزت كل منها بلصاقه. فرشت العينات بعد ذلك على صحيفة بلاستيكية في مكان مناسب لتجف هوائياً وحرارة الغرفة. بعد التجفيف التام تم مجانسة العينات جيداً ومن ثم نخلت بمنخل شبكي بأبعاد 2mm. أخذ قسم من العينات الكبيرة مقداره 250 g، ووضب بعلب بلاستيكية محكمة الإغلاق، ومن ثم خزنت العينات لمدة 30 يوماً على الأقل لتحقيق التوازن الدائم بين Rn^{222} وبناته مع الراديوم Ra^{226} .



الشكل (1) توزيع مستويات الجرعة الإشعاعية في منطقة البحث.

4- قياس الفعالية الإشعاعية

قيست تراكيز الفعالية الإشعاعية في عينات التربة المختارة بتطبيق مطيافية غاما في مختبر هيئة الطاقة الذرية السورية بدمشق، باستخدام كاشف HPGe (N- type model GCD - 60 230 BRUKER) وبكفاءة نسبية 60 % وقيمة Δ (FWHM) هي: 0.89 keV عند 122 keV و 2 keV عند 1332.4 keV. أنجزت معايرة الكفاءة باستخدام عينيات مرجعية (CRM - QCY48 - QCYB40) مزودة من قبل AEA Technology, UK. تم تعيين الفعالية الإشعاعية للراديووم Ra^{226} في عينات التربة عند 186.2 keV (3.51%) والبوتاسيوم K^{40} عند 1460.8 keV (10.67%)، أما الثوريوم Th^{232} فقد عينت فعاليته الإشعاعية اعتمادا على بناته مصدرات غاما، فاستخدم الأكتينيوم Ac^{228} لتعيين سلسلة Th^{232} عند 911.2 keV (25.80%). تم تحليل الطيف باستخدام نظام MCA QwuaADC -4, with Inter Winner7 software.

5 - تقييم الخطر الإشعاعي:**1.5 معدل الجرعة الإشعاعية الممتصة Absorbed Radiation Dose:**

يأتي الإشعاع الأرضي نتيجة تفكك المواد المشعة الطبيعية في التربة والصخور وبالتالي تتعلق مساهمة هذه المواد المشعة في معدل الجرعة الممتصة في الهواء بتراكيز هذه المواد في التربة، خاصة في السننيمترات الأولى من عمق التربة [1,20]، عند معرفة تراكيز المواد المشعة في التربة يمكن حساب معدل الجرعة الممتصة في الهواء عند ارتفاع 1 m عن سطح الأرض باستخدام المعادلة [21]:

$$D_{nGy/h} = 0.462 C_{Ra} + 0.621 C_{Th} + 0.0417 C_K \quad (1)$$

حيث C_{Ra} , C_{Th} , C_K تراكيز الفعالية الإشعاعية لنظائر الراديوم والثوريوم والبوتاسيوم في عينات التربة.

2.5 الجرعة الفعالة السنوية Annual Effective Dose:

الجرعة الإشعاعية المكافئة السنوية الخارجية بالـ (mSv.yr⁻¹) تم احتسابها اعتماداً على معدل الجرعة الممتصة (nGy.h⁻¹)، بعد أن تم الأخذ بعين الاعتبار معامل التحويل بين الجرعة الممتصة في الهواء والجرعة المكافئة الفعالة (0.7 Sv Gy⁻¹) وكذلك معامل الإشغال الخارجي (0.2) وفقاً للمعادلة [1]:

$$E = D(nGy h^{-1}) \times 0.7(Sv Gy^{-1}) \times 10^{-6} \times 8760(h.y^{-1}) \times 0.2 \quad (2)$$

3.5 الراديوم المكافئ Radium Equivalent:

وهو مؤشر خطر إشعاعي يستخدم لمقارنة فعاليات إشعاعية محددة لعينات تحتوي تراكيز مختلفة من الراديوم

$$Ra_{eq} = C_{Ra} + 1.43 C_{Th} + 0.07 C_K \quad (3) \quad \text{ويحسب من المعادلة [21]:}$$

حيث C_{Ra} , C_{Th} , C_K تراكيز الفعالية الإشعاعية لنظائر الراديوم والثوريوم والبوتاسيوم في عينات التربة.

وقد حدد على افتراض أن 10 Bq.kg^{-1} من الراديوم ^{226}Ra و 7 Bq.kg^{-1} من الثوريوم ^{232}Th و 130 Bq.kg^{-1} من البوتاسيوم ^{40}K ينتج عنها جرعة إشعاعية لأشعة غاما بالمعدل نفسه. وقد حددت العتبة لقيمة هذا المؤشر لتكون 370 Bq.kg^{-1} في عينات التربة [21].

4.5 مؤشر الخطر الخارجي External Hazard Index:

وهو مؤشر آخر عن الخطر الإشعاعي وهو مستخدم على نطاق واسع، وقيمه يجب أن تكون أقل من الواحد

حتى يكون الخطر الإشعاعي مهملاً وهذا يعني تحديد معدل التعرض من المحتوى الإشعاعي للتربة - في حال

استخدامها كمادة بناء - ليكون 1.5 mGy.y^{-1} ، ويحدد هذا المعامل بالعلاقة التالية [1]:

$$H_{ex} = C_{Ra}/370 + C_{Th}/259 + C_K/4810 \leq 1 \quad (4)$$

حيث C_{Ra} , C_{Th} , C_K تراكيز الفعالية الإشعاعية لنظائر الراديوم والثوريوم والبوتاسيوم في عينات التربة.

إن أعلى قيمة لهذا H_{ex} هي الواحد متوافقة مع أعلى قيمة للراديوم المكافئ (370 Bq/kg).

5.5 مؤشر الخطر الداخلي Internal Hazard Index:

حدد التعرض الداخلي للرادون ونواتجه، القصيرة عمر النصف، بمؤشر الخطر الداخلي H_{in} والذي يحسب من

$$H_{in} = C_{Ra}/185 + C_{Th}/259 + C_K/4810 \leq 1 \quad (5) \quad \text{العلاقة [1]:}$$

حيث C_{Ra} , C_{Th} , C_K تراكيز الفعالية الإشعاعية لنظائر الراديوم والثوريوم والبوتاسيوم في عينات التربة.

وكما في مؤشر الخطر الخارجي فإن حد الأمان لهذا المؤشر هو الواحد.

النتائج والمناقشة:**حساب معدل الجرعة الإشعاعية**

ضمن عملية مسح إشعاعي للمواقع المستهدفة في منطقة خزانات النفط الخام، والمنطقة B ومنطقة العمل الإداري في منطقة الدراسة، جرى تسجيل 12485 قراءة في موقع خزانات النفط الخام بمتوسط 624.25 قراءة في موقع كل خزان، في حين سجلت 284 قراءة في المنطقة B، و 200 قراءة في منطقة العمل الإداري. ومن ثم تم حساب معدل الجرعة الإشعاعية في كل موقع، كما هو موضح بالجدول (1).

الجدول (1) نتائج عملية المسح ومعدل الجرعة في كل موقع

المعدل $\mu\text{Sv.h}^{-1}$	عدد القراءات الحارة*	أعلى قراءة $\mu\text{Sv.h}^{-1}$	عدد القراءات	الموقع
0.090	4	0.17	640	الخزان 286
0.096	26	0.21	626	الخزان 285
0.100	35	0.22	603	الخزان 284
0.095	5	0.19	658	الخزان 283
0.111	54	0.24	677	الخزان 281
0.090	3	0.19	665	الخزان 280
0.100	10	0.19	648	الخزان 279
0.108	31	0.17	629	الخزان 279
0.101	22	0.17	638	الخزان 277
0.098	21	0.21	629	الخزان 274
0.096	20	0.20	621	الخزان 234
0.096	19	0.18	631	الخزان 233
0.105	27	0.18	611	الخزان 229
0.101	5	0.20	613	الخزان 225
0.108	41	0.24	615	الخزان 224
0.099	26	0.20	645	الخزان 223
0.092	9	0.17	611	الخزان 222
0.099	15	0.20	582	الخزان 221
0.100	16	0.21	594	الخزان 217
0.095	16	0.20	594	الخزان 212
0.084	-	0.15	284	المنطقة B
0.081	-	0.14	200	منطقة العمل الإداري

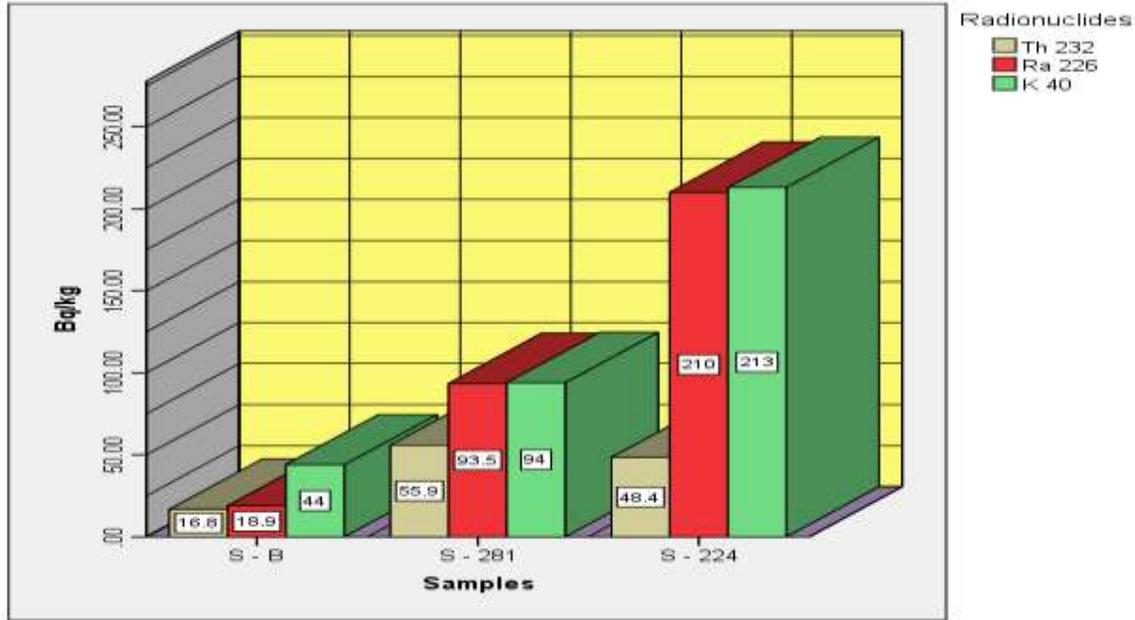
*القراءات الحارة: هي النقاط التي سجلت فيها قيمة الجرعة الإشعاعية قيمة $\leq 0.16 \mu\text{Sv.h}^{-1}$

اعتمدت قيمة معدل الجرعة الإشعاعية في المنطقة B والمساوية لـ $0.084 \mu\text{Sv.h}^{-1}$ كقيمة لمعدل السوية الإشعاعية الأرضية، واعتمدت القيمة $0.16 \mu\text{Sv.h}^{-1}$ والمساوية لضعف السوية الأرضية كقيمة حدية تفصل بين اعتبار النقطة التي سجلت فيها قيمة للجرعة أنها تقع ضمن السوية الإشعاعية الأرضية الطبيعية للمنطقة، أو أنها متأثرة بالنشاط القائم في منطقة الخزانات، وبالتالي اعتبرت القيم التي هي $0.16 \mu\text{Sv.h}^{-1} \leq$ متأثرة بالتلوث الإشعاعي. إن قيمة معدل الجرعة الإشعاعية في منطقة خزانات النفط الخام تتراوح بين $0.090 - 0.111 \mu\text{Sv.h}^{-1}$ ¹ بزيادة تتراوح بين 107.14 - 132.14 % عن قيمة السوية الأرضية المسجلة في منطقة الدراسة، وفي بعض النقاط الساخنة وهي التي تجاوزت فيها قيمة الجرعة الإشعاعية القيمة الحدية $0.16 \mu\text{Sv.h}^{-1}$ قد وصلت النسبة إلى 285.71 % من معدل السوية الأرضية، حيث تراوحت قيم القراءات المسجلة بمجال $0.02 - 0.24 \mu\text{Sv.h}^{-1}$. وقد لوحظ أن معظم النقاط الساخنة قد سجلت في الجهة الجنوبية الغربية من موقع كل خزان. إن احتمال تغير معدل الجرعة تبعاً لتغير تركيز النيوكليدات المشعة الطبيعية والتي هي من أصل تكوين التربة في منطقة الدراسة - والمتغيرة بطبيعة الحال تبعاً لتغير نوع التربة - هو احتمال ضعيف، يدعم ذلك أن القراءات المسجلة لقيمة الجرعة الإشعاعية في مواقع الخزانات متقاربة مع السوية الأرضية للجرعة الإشعاعية، باستثناء بعض النقاط الساخنة، إضافة إلى أن تربة المنطقة هي سحنة جيولوجية واحدة كما ذكر سابقاً.

ولذلك يعزى الارتفاع في قيم معدلات الجرعة الإشعاعية في مواقع الخزانات، وخاصة في النقاط الساخنة المشار إليها سابقاً، إلى الارتفاع في تراكيز النيوكليدات المشعة الحاصل في ترب تلك المناطق بسبب تلوثها بالمياه المرافقة بالدرجة الأولى، وعمليات الصيانة. حيث لوحظ أن العتبة الجغرافية بشكل عام تميل باتجاه الجنوب الغربي في معظم مواقع الخزانات، الأمر الذي يسمح لمياه التصريف الناتجة عن عملية التصفية في الخزانات بالجريان التلقائي والتجمع المؤقت باتجاه الجنوب الغربي من كل موقع تقريباً. ونتيجة لذلك، تزداد تراكيز النيوكليدات المشعة في التربة، وتزيد مساهمة الإشعاع الأرضي في معدل الجرعة الإشعاعية الخارجية المكتسبة في المنطقة. سجلت أعلى القيم لمعدل الجرعة الإشعاعية في موقع الخزائين 281 ، 224 وهما أيضاً يمتلكان أعلى معدل للجرعة الإشعاعية $0.108 - 0.111 \mu\text{Sv.h}^{-1}$ على الترتيب، مقارنة مع باقي الخزانات. وعلى الرغم من أن هذه القيم هي أعلى من السوية الأرضية المحددة في منطقة الدراسة، إلا أنها أقل من معدلات الجرعة المسجلة في دراسات مثل: (0.2 - 18.7 $\mu\text{Sv.h}^{-1}$) [22]، ($100 \mu\text{Sv.h}^{-1}$ - السوية الإشعاعية الأرضية) [23].

الفعالية الإشعاعية:

يظهر الشكل (2) الفعالية الإشعاعية للنظائر (Th^{232} , Ra^{226} , K^{40}) في عينات التربة. إن مقارنة هذه النتائج مع القيم المتوسطة للفعالية الإشعاعية لهذه النظائر المسجلة في سورية $20, 20, 270 \text{ Bq.kg}^{-1}$ على الترتيب [1]،



الشكل (2) الفعالية الإشعاعية للنظائر ^{232}Th , ^{226}Ra , ^{40}K في عينات التربة Bq.kg^{-1} .

وكذلك مقارنتها مع القيم العالمية المحددة لمتوسط تراكيز الفعالية الإشعاعية للنظائر ^{232}Th , ^{226}Ra و ^{40}K والمساوية لـ Bq.kg^{-1} (45, 32, 420) على الترتيب [1]. يظهر ارتفاعا في تراكيز كل من الراديوم والثوريوم وانخفاضا في تركيز البوتاسيوم. أما مقارنة هذه القيم مع تلك الموجودة في الدراسات المشابهة التي تدرس التعرض الإشعاعي الأرضي لأشعة غاما ومساهمة النيوكليدات الطبيعية الموجودة في التربة في الجرعة الإشعاعية، نلاحظ وجود تباين في قيم التراكيز تبعا للنظائر، باستثناء نظير الراديوم ^{226}Ra نجد قيمة تركيزه مرتفعة بالمقارنة مع معظم الدراسات. والشيء ذاته يلاحظ لدى المقارنة مع دراسات أخرى تقوم حول مستويات النشاط الإشعاعي في البيئة المجاورة لصناعة النفط والغاز. يوضح الجدول (2) مقارنة نتائج الدراسة الحالية مع دراسات مشابهة.

إن قيم تراكيز الراديوم التي حصلنا عليها من نقاط الاعتيان وهي: Bq.kg^{-1} (210, 93.5, 18.9) متوافقة مع قيم معدل الجرعة المسجلة في تلك النقاط $(0.24, 0.24, 0.08) \mu\text{Sv.h}^{-1}$ على الترتيب. وهو ما يوضح العلاقة بين معدل تراكيز ^{226}Ra في المواقع الملوثة والجرعة الإشعاعية المتلقاة فيها [7]. ويمكن تفسير انخفاض تركيز الراديوم في العينة S - 281 عن العينة S - 224 بالرغم من تسجيلهما نفس معدل الجرعة، بعمليات القلب والتحرك والنقل التي يمكن أن تحدث بفعل عمليات الصيانة. وتبعا للمعايير السورية حول التربة الملوثة بالنورم فإن التربة التي يتراوح محتواها من الراديوم Bq.g^{-1} 0.15 - 5.2 تحتاج معالجة خاصة في المكان لتخفيض التعرض إلى $100 \mu\text{Sv.y}^{-1}$ [7]¹، وبالتالي فإنه وبحسب تركيز الراديوم في عينات التربة المجموعة من منطقة الدراسة - والمجموعة وفق خطة البحث - ، نجد أنه ليس هناك حاجة لمعالجة التربة نتيجة تلوثها بالنورم، باستثناء موقع الخزان 224 بالنظر لمعدل الجرعة الإشعاعية المسجلة فيه، وتركيز الـ ^{226}Ra الذي يقع ضمن المجال Bq.g^{-1} 0.15 - 5.2 الأمر الذي يشير إلى حدوث تلوث بالنورم لتربة موقع هذا الخزان من المستوى الذي يتطلب معالجة في الموقع.

مؤشرات الخطر الإشعاعي

1 الجرعة الممتصة

حسبت الجرعة الممتصة من إشعاع غاما الأرضي عند ارتفاع متر واحد من سطح الأرض الناجم عن النظائر الطبيعية بتطبيق المعادلة (1). وكما هو موضح بالجدول (3). تمثل القيمة $135.95 \text{ nGy.h}^{-1}$ الجرعة الممتصة في النقطة الحارة ضمن موقع الخزان 224 ويمكننا اعتبار هذه القيمة كأكبر قيمة للجرعة الممتصة في منطقة الدراسة كونها سجلت أعلى معدل لجرعة إشعاع غاما نتيجة عملية المسح الإشعاعي الشاملة والتي بلغت $0.24 \mu\text{Sv.h}^{-1}$ ، فيما نرى أن الجرعة الممتصة المحسوبة في النقطة الحارة الأخرى في موقع الخزان 281 بلغت 81.83 nGy.h^{-1} ، وبالرغم من أن هذه النقطة هي أيضا سجلت نفس مقدار معدل الجرعة الإشعاعية لأشعة غاما أي $0.24 \mu\text{Sv.h}^{-1}$ ، إلا أن هذا الانخفاض في القيمة عن مثيلتها في موقع الخزان 224 يمكن إرجاعه إلى انخفاض تراكيز النيوكليدات المشعة كما هو واضح في الشكل (1)، أما قيمة معدل جرعة إشعاع غاما في هذه النقطة والمساوية لـ $0.24 \mu\text{Sv.h}^{-1}$ يمكن إرجاعها إلى احتمال مساهمة نيوكليدات أخرى موجودة في التربة.

نلاحظ أن قيمة الجرعة الممتصة من الموقعين 281 و 224، هي أعلى من متوسط الجرعة المتوسطة لإشعاع غاما الأرضي المسجلة في سورية والبالغة 59 nGy.h^{-1} ، وأعلى من المعدل العالمي 60 nGy.h^{-1} [1]. في حين نجد أن القيمة 20.99 nGy.h^{-1} هي قيمة الجرعة الممتصة المحسوبة من عينات التربة المأخوذة من نقطة من المنطقة B والتي سجلت قيمة متوسطة لمعدل جرعة إشعاع غاما الأرضي تساوي $0.084 \mu\text{Sv.h}^{-1}$ كما هو موضح في الجدول (1) وقد اعتبرت هذه القيمة هي السوية الإشعاعية الأرضية لمعدل جرعة إشعاع غاما الخارجي، وهذه القيمة هي أقل من قيمة المعدل العالمي للجرعة الممتصة أقل من القيمة المسجلة في سورية [1]. في حين نجد أن كل من القيمتين المحسوبتين في موقعي الخزائين 224,281 والمساويتين لـ 81.83 nGy.h^{-1} ، $135.95 \text{ nGy.h}^{-1}$ على الترتيب، تزيد عن المعدل العالمي لمعدل الجرعة الممتصة 60 nGy.h^{-1} بنسبة 136.38 – 226.58 % على الترتيب. الأمر الذي يوضح تأثير النشاط القائم في منطقة الخزانات في تعزيز تركيز النظائر المشعة والذي بدوره يزيد من قيمة الجرعة الممتصة في المنطقة. يوضح الجدول (3) المقارنة بين مؤشرات الخطر الإشعاعي المسجلة في هذا العمل وتلك المسجلة في الدراسات المشابهة.

2 الجرعة المكافئة

جرى حساب الجرعة الفعالة المكافئة بتطبيق المعادلة (2). ونلاحظ من الجدول (3) أن قيمة الجرعة الفعالة المكافئة المحسوبة في المنطقة B تساوي 0.025 mSv.y^{-1} وهي أقل من القيمة 0.052 mSv.y^{-1} المحسوبة

الجدول (2) مقارنة الفعالية الإشعاعية في عينات التربة مع الدراسات الأخرى

البلد	الفعالية الإشعاعية Bq.kg^{-1}			الرتبة	
	Ra^{226}	Th^{232}	K^{40}		
الفعالية الإشعاعية في التربة ضمن بيئة صناعة النفط والغاز	الكويت	85 (34 - 251)	13 (11 - 22)	406 (331 - 449)	24
	نيجيريا	41 (19-94.2)	29.7 (17.1 - 47.5)	412.5 (107 - 712.4)	21
	ألبانيا	17	20	297	25

		19	29	360	
		21	29	253	
		30	40	472	
	نيجيريا	19.16 (10.10-41.23)	21.26 (7.42-30.31)	224.29 (92.42- 482.7)	26
		29.61 (16.27-52.19)	17.41 (9.72-34.13)	262.63 (134.5-395.1)	
	تركيا	46.460	-	-	22
الفعالية الإشعاعية الطبيعية في التربة	الأردن	42.5 (8.5- 1040)	26.7 (4.3-46.2)	291.1 (29.8-572.4)	27
	تركيا	-	37	342	5
	السعودية	12.8	16.6	618	28
	السعودية	23 (17.4 - 28.3)	20 (1.1-81.0)	233 (218 - 255)	29
	باكستان	45 (30.2-61.9)	67 (50.1-102.8)	878 (373.6 - 1082)	3
	الأردن	-	27.91 (6.3-85.5)	285.02 (84 - 516.7)	30
	سوريا	(4 - 80)	(3 - 50)	(85 - 735)	20
	سوريا	20 (13 - 32)	20 (10 - 32)	270 (87 - 780)	1
هذه الدراسة	المنطقة B	18.9	16.8	44	
	281	93.5	55.9	94	
	224	210	48.4	213	
المعدل العالمي		35 (17-60)	30 (11 - 64)	400 (140 - 850)	1

في دراسة سابقة عن الجرعة الفعالة السنوية المتلقاة من قبل السوريين بفعل النيوكليدات الطبيعية [20]. بينما يلاحظ أن قيمة الجرعة الفعالة المكافئة في كل من الموقعين 224 و 281 تزيد بنسبة 664 و 400 % عن القيمة في المنطقة B على الترتيب. وهي تتخطى القيمة 0.052 mSv.y^{-1} . ولكن بالإجمال جميع القيم التي حصلنا عليها بما في ذلك القيم التي تعود إلى النقاط الحارة في الموقعين 224 و 281 هي أقل من القيمة 1 mSv.y^{-1} الموصى بها من قبل لجنة الأمم المتحدة العلمية المعنية بآثار الإشعاع الذري [1].

3 تركيز الراديوم المكافئ Ra_{eq} :

إن فعالية الراديوم المكافئ المحسوبة وفقا للعلاقة (3)، سجلت زيادة مقدارها 391.307 و 639.340 % في

موقع

الجدول (3) مقارنة مؤشرات الخطر الإشعاعي

		مؤشرات الخطر الإشعاعي					المرجع
		Ra_{eq} Bq.kg ⁻¹	D nGy.h ⁻¹	E mSv.y ⁻¹	H _{ex}	H _{in}	
في بيئة صناعة النفط والغاز		98.5	54.6	0.07	0.3	0.4	21
		60.75	32.17	0.149	0.178	0.234	26
		25	11	0.14	0.068	0.103	31
		38.6	18.5	0.022	0.104	0.129	
		-	32	0.04	-	-	25
		-	44	0.05	-	-	
		-	38	0.05	-	-	
		-	58	0.07	-	-	
في البيئة		-	51.5	0.063	-	-	27
		-	65	0.08	-	-	5
		84.1	41.7		-	-	28
		69.52	32.69	0.37	0.16	-	29
		203.4	106.5	0.19	0.68	0.56	3
		-	40.12	49.26	-	-	30
		-	-	0.052	-	-	20
هذه الدراسة	المنطقة B	46.004	20.99	0.025	0.125	0.176	
	281	180.017	81.83	0.100	0.488	0.740	
	224	294.122	135.95	0.166	0.798	1.366	
المعدل العالمي		129.7	61.9	0.1	0.5	0.5	3

الخرانين 224، 281 على الترتيب، بالمقارنة مع ما هي عليه في المنطقة B. الجدول (3). ومع ذلك تبقى جميعها أقل من قيمة المحددة لأمان المؤشر وهي 370 Bq.kg^{-1} [1].

4 مؤشر الخطر الخارجي External Hazard Index :

إن أعلى قيمة للمؤشر تم الحصول عليها بعد تطبيق المعادلة (4) كانت 0.798 وذلك من العينة S - 224 المختارة من نقطة محددة ضمن موقع الخزان 224 والتي سجلت فيها أعلى قيمة لمعدل الجرعة الإشعاعية وأعلى

تركيز للراديويم Ra^{226} . وتزيد بنسبة 638.4 % عن القيمة التي أعطاها المؤشر من العينة المختارة من المنطقة B ذات القيمة الأرضية لمعدل الجرعة الإشعاعية في منطقة البحث. ونلاحظ أن إجمالي قيم هذا المؤشر لكافة العينات هي ضمن المجال الآمن أي أقل من الواحد [1].

5 مؤشر الخطر الداخلي Internal Hazard Index

من خلال الجدول (3) نلاحظ أن هذا المؤشر يتوافق مع المؤشر H_{ex} في أن جميع القيم التي حصلنا عليها لهذا المؤشر بعد تطبيق المعادلة (5) في العينات المحددة تقع جميعها ضمن المجال الآمن أي أقل من الواحد باستثناء القيمة 1.366 المحسوبة للعينة من النقطة الحارة في موقع الخزان 224، الأمر الذي يشير إلى وصول تراكيز النظائر المشعة في تلك التربة إلى حدود مرتفعة يصبح من الخطر استخدامها في أغراض البناء.

الاستنتاجات والتوصيات

الاستنتاجات:

- أدى رمي المياه المرافقة للنفط الخام في البيئة إلى زيادة معدل الجرعة الإشعاعية في المنطقة بنسبة 123.80 % عن السوية الإشعاعية الأرضية التي سجلت في منطقة البحث وقيمتها $0.084 \mu Sv.h^{-1}$. حيث أن عملية القياس المباشر لمعدل الجرعة الإشعاعية في منطقة خزانات النفط الخام سجلت قيمة متوسطة مقدارها $0.104 \mu Sv.h^{-1}$
- عززت الطريقة المستخدمة في التخلص من المياه المرافقة للنفط من تراكيز الفعالية الإشعاعية للنظائر المشعة - وخصوصا الراديويم Ra^{226} - في تربة منطقة الخزانات، حيث وصلت قيمة تركيزه إلى $210 Bq.kg^{-1}$ سجلت في العينة S-224 من تربة الخزان 224، وهذه القيمة هي أعلى من المعدل المسجل للراديويم Ra^{226} في التربة في سورية، وأعلى من قيمة المعدل العالمي.
- معظم القيم التي سجلت سوية إشعاعية من مرتبة ضعف السوية الإشعاعية الأرضية - $0.16 \mu Sv.h^{-1}$ وما فوق - سجلت في أماكن متأثرة بالمياه المرافقة المطروحة في أحواض الخزانات، سواء بالجريان أو التجمع المؤقت للمياه، و سجلت أعلى القيم ($0.24 \mu Sv.h^{-1}$) في حوضي الخزائين 224-281.

التوصيات

الحاجة الملحة إلى إيجاد شبكة لتجميع المياه المرافقة في منطقة خزانات النفط الخام في موقع الشركة السورية لنقل النفط في بانياس، لبيصار ومن خلال بحوث لاحقة، إلى تبني منظومة لمعالجة هذه المياه المرافقة المفرطة الملوحة والملوثة إشعاعيا.

المراجع:

[1] UNITED NATIONS SCIENTIFEC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION (UNSCEAR). *Sources and Effects of Ionizing Radiation, Report to the General Assembly*. New York.USA, 2000.

[2] UNITED NATIONS SCIENTIFEC COMMITTEE ON THE EFFCTS OF ATOMIC RADIATION (UNSCEAR). *Sources and Effects of Ionizing Radiation, Report to the General Assembly*. New York.USA, 1993.

[3] KHAN,H.M. *Measurment of Radionuclides and Absorbed Dose Rates in Soil Samples of Peshawar,Pakistan,Using Gamma Ray Spectrometry*. Isotopes in Environmental and Health Studies UNITED KINGDOM,Vol.48, No.2, 2012, 295-301.

[4] RAMOLA, C.R.; CHOUBEY, M. V.; PRASAD, G.; GUSAIN, S. G.; TOSHEVA, Z.;KIES, A. *Radionuclide Analysis in the Soil of Kumaun Himalaya, India, Using Gamma Ray Spectrometry*. Current Science, India, Vol. 100, No. 6, 2011, 906-914.

[5] KARAHAN, G. ; BAYULKEN, A. *Assessment of Gamma Dose Rates Around Istanbul (Turkey)*. Journal of Environmental Radioactivity. Vol. 147, No. 2. 2000, 213-221.

[6] INTERNATIONAL ATOMICENERGY AGENCY. *Radiation Protection and the Management of Radioactive Waste in the Oil and Gas Industry*.Trarning Course Series, No.40, Vienna, 2010.

[7] AL- MASRI, M. S. ;SUMAN, H. *NORM Waste in the Oil and Gas Industry: the Syrian Experience*. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. Vol.256, No.1, 2003,159-162.

[8] AL- MASRI, M.S. *Spatial and Monthly Variation of Radium Isotopes in Produced Water During Oil Production*. Applied Radiation and Isotopes. Vol. 64, No.5, 2006, 615-623.

[9] CAMPOS, C. J. ; BORGES, H. M. R. ; OLIVEIRA FILHO, M. A. ; NOBREGA, R. ; SANT' ANA JR, L. G. *Olifield Wastewater Treatment by Combined Microfiltration and Biological Processes*.Water Reasarch. Vol.36, No.1, 2002, 95-104.

[10] AL- MASRI, M. S. ; SHWIEKANI, R. *Radon Gas Distribution in Natural Gas Processing Facilities and Work Place Air Environment*. Journal of Environmental Radioactivity. Vol. 99, No. 4, 2008, 563-772.

[11] AL-MASRI, M. S. ; ABA, A. *Distribution of Scales Containig NORM in Different Oilfield Equipment*. Applied Radiation and Isotopes. Vol.63, No.4, 2005, 457-463.

[12] AL- MASRI, M.S. ; HADDAD, KH. *NORM Emissions from Heavy Oil and Natural Gas Fired Power Plants in Syria*. Journal of Environmental Radioactivity. Vol.104, 2012, 71-74.

[13] AL-MASRI, M. S. ; HADDAD, KH. ; DOUBAL, W.A. ; AWAD, I. ; AL-KHATIB, Y. *Assessment of Soil Contamination by Po^{210} and Pb^{210} Around Heavy Oil and Gas Fired Power Plants*.Journal of Environmental Radioactivity. Vol.132, 2014, 89-93.

[14] ABDELLAH, M. W. ; AL-MASRI, M.S. *Treatment of NORM Contaminated Soil from the Oilfields*. Journal of Environmental Radioactivity. Vol. 129, 2014, 63-67.

[15] المصري، محمد. سعيد. *تعيين الرواسب الحرشفية في الصناعة النفطية بتعيين المواد المشعة الطبيعية*.

تقرير، قسم الوقاية والأمان، هيئة الطاقة الذرية السورية، دمشق، 2006.

[16] المصري، محمد. سعيد. ؛ غفر، محمد.؛ مخللاتي، هيام.؛ حسن، محمد.؛ آبا، عبد العزيز. *دراسة*

خصائص الرواسب الحرشفية الناتجة عن الصناعة النفطية . تقرير، قسم الوقاية والأمان، هيئة الطاقة الذرية السورية، دمشق، 2000.

[17] OTHMAN, I. ; AL- MASRI, M.S. *Disposal Strategy for NORM Waste Generated by the Syrian Oil Industry*. Apaper presented at the International Symposium " Disposal of low Activity Radioactive Waste.Cordoba. Spain, 13-17 December, 2004.

[18] مشروع الموازنة المائية في حوض الساحل (الدراسة الهيدرولوجية).مديرية الري العامة لحوض الساحل.

العقد رقم.26، 2005.

- [19] الخريطة الجيولوجية السورية رقعتا القدموس وبانياس المذكرة الإيضاحية. مديرية المسح والدراسات الجيولوجية، المؤسسة العامة للجيولوجيا والثروة المعدنية، وزارة النفط والثروة المعدنية، دمشق، 1980.
- [20] AL-MASRI, M. S.; AMIN, Y.; HASSAN, M.; IBRAHIM, S.; KHALILI, H. S. *External Gamma radiation Dose to the Syrian Population Based on the Measurement of Gamma Emitters in Soils*. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. Vol.267, No.2, 2006, 337-343.
- [21] AGBALAGBA, O. E.; AVWIRI, O. G.; CHAD- UMOREH, E. Y. *γ -Spectroscopy Measurement of Natural Radioactivity and Assessment of Radiation Hazard Indices in Soil Samples from Oilfields Environmental of Delta State, Nigeria*. Journal of Environmental Radioactivity. Vol.109, 2012, 64-70.
- [22] PARAMAKSIZ, A.; AGUS, A.; BULGURLU, F.; BULUR, E.; ÖNCÜ, T.; ÖZÖK, O. X. *Measurement of Enhanced Radium Isotopes in Oil Production Wastes in Turkey*. Journal of Environmental Radioactivity. Vol.141, 2015, 82-89.
- [23] HAMLATE, S. M.; DJEFFAL, S.; KADI, H. *Assessment of Radiation Exposures from Naturally Occurring Radioactive Materials in the Oil and Gas Industry*. Applied Radiation and Isotopes. Vol.55, No.1, 2001, 141-146.
- [24] SHAMS, M. H.; BRADLEY, A.D.; REGAN, H.D. *Determination of Levels of Naturally Occurring Radioactive Materials in Lagoon Samples Containing Produced Water from the Minagish Oilfield in the State of Kuwait*. Radiation Physics and Chemistry. Author's Accepted Manuscript. 2016.
- [25] XHIXHA, G.; BALDONCINI, M.; CALLEGARI, I.; COLONNA, T.; HASANI, F.; MANTOVANI, F.; SHALA, F.; STRATI, V.; XHIXHA KACELI, M. A *Century of Oil and Gas Exploration in Albania: Assessment of Naturally Occurring Radioactive Materials (NORM)*. Chemosphere. Vol.139, 2015.
- [26] AVWIRI, G. O.; ONOUGBO, C. P. *Natural Radioactivity Levels in Surface Soil of Ogba/Egbema/Ndoni Oil and Gas Fields*. Energy Science and Technology. Vol.4, No.2, 2012, 92- 101.
- [27] AL-HAMARNEH, I. F.; AWADALLAH, M. I. *Soil Radioactivity Levels and radiation Hazard Assessment in the Highlands of Northern Jordan*. Radiation Measurements. Vol.44, No.1, 2009, 102-110.
- [28] SHARSHAR, T.; HASSAN, E. H.; ARIDA, H. A.; AYDAROUS, A.; BAZAID, S.A.; AHMED, M. A. *Evaluation of Some Pollutant Levels in Environmental Samples Collected from the Area of the New Campus of Taif University*. Isotopes in Environmental and Health Studies. United Kingdom, Vol.49, No.1, 2013, 132-151.
- [29] AL-MUGREN, K. S. *Assessment of Natural Radioactivity Levels and Radiation Dose Rate in Some Soil Samples from Historical Area, AL- RAKKAH, SAUDI ARABIA*. Natural Science. Vol.7, No.5, 2015, 238-247.
- [30] ABU-HAJJA, O. *Determination of Natural Radionuclides Concentrations in Surface Surface Soil in Tafila/Jordan*. Modern Applied Science. Vol.6, No.3, 2012, 87-90.
- [31] HRICHI, H.; BACCOUCHE, S.; BELGAIED, J. *Evaluation of Radiological Impacts of TENORM in the Tunisian Petroleum Industry*. Journal of Environmental Radioactivity. Vol.115, 2013, 107-113.