الجمهورية العربية السورية

وزارة النفط والثروة المعدنية

الشركة السورية لنقل النفط

التلوث الإشعاعي المرافق لعمليات نقل النفط

اعداد: ك. محمد فهد درويش، ماجستير علوم بيئية، مشرف بيئة في الشركة السورية لنقل النفط، ٢٠١٩.

١- التلوث الإشعاعي المرافق لعمليات نقل النفط:

يرافق عمليات استخراج ونقل النفط والغاز عناصر مشعة متواجدة طبيعيا" NORM تتميز بنشاطها الاشعاعي حيث ينتج عنها جسيمات متأينة (ألفا α وبيتا β وأشعة غاما) لها قدرة على التأثير المباشر أو غير المباشر على صحة العاملين في هذا القطاع وأهم تلك العناصر عنصر الراديوم المشع (Ra – ٢٢٦ و Ra–٢٢٨). وتتواجد تلك العناصر المشعة في قطاع النفط والغاز في:

- منطقة الآبار (الاستخراج)
- منطقة المعالجة (المحطات)
- منطقة النقل (الأنابيب)
- منطقة التخزين (خزانات)

تتركز في أحواض الاستخراج عناصر مشعة كاليورانيوم U–٢٣٨ والثوريوم Th–٢٣٤ وهي مركبات غير قابلة للذوبان لذا تبقى هذه المركبات في الصخور المتواجدة في الخزان الجوفي. ينشأ عن هذه العناصر ونتيجة تحللها اشعاعيا" عناصر أخرى مشعة كالراديوم Ra يتمتع بخصائص كيميائية مماثلة لتلك التي لعناصر الباريوم والكالسيوم والسترانشيوم حيث يمكن أن تشكل مركبات بشكل الكبريتات والكربونات تكون أساسا من:

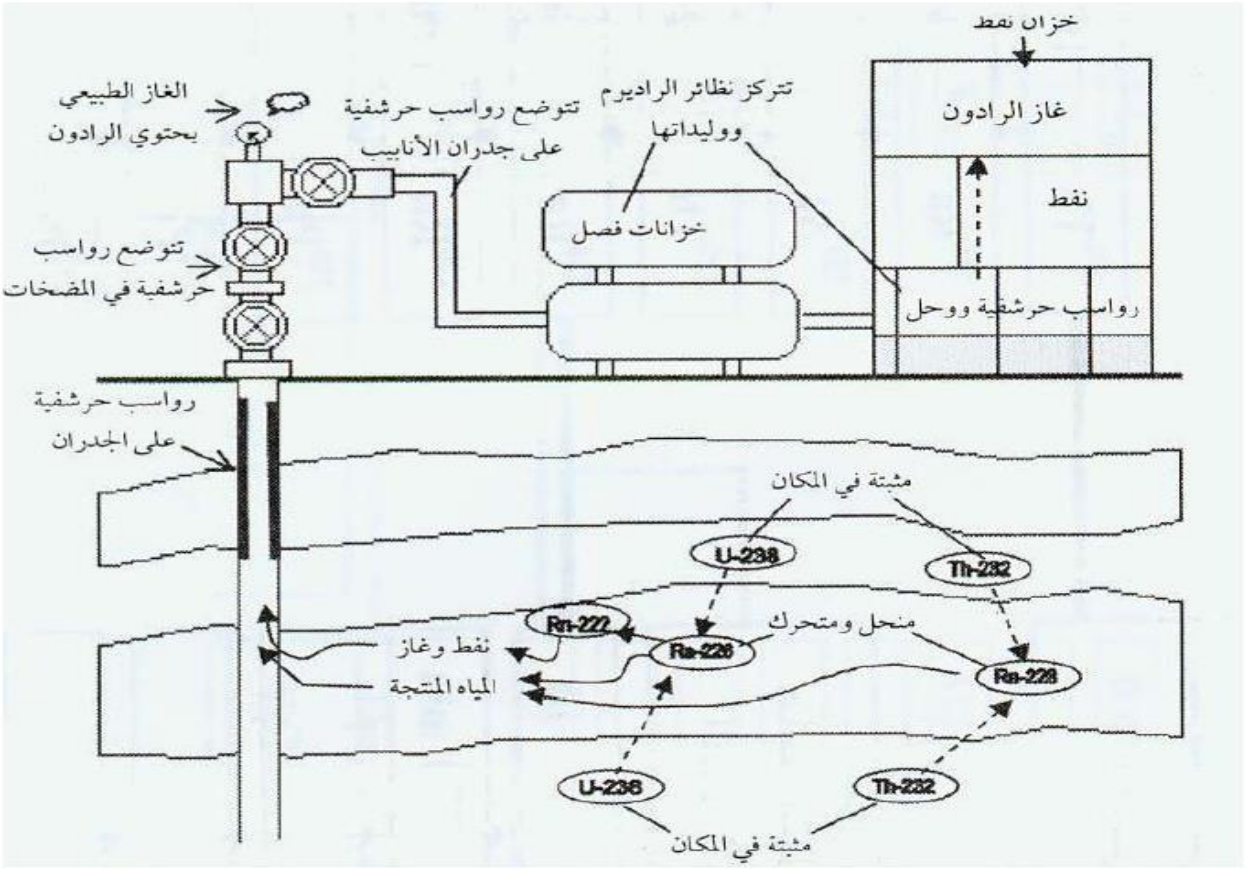
كبريتات الباريوم ($BaSO_4$)

كبريتات الكالسيوم ($CaSO_4$)

كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$)

وبما أن هذه المركبات قابلة للذوبان في الماء، فيمكن أن تخرج مع المياه المرافقة للنفط إلى السطح وتنتقل إلى مناطق التخزين حيث ينفصل معظمها مع المياه المرافقة (الدريناج) بشكل منحل ويترسب قسم آخر على شكل رواسب تدعى (الرواسب الحرشفية) لها دور كبير في تآكل الأنابيب والمتبقي منها يترسب مع الحمأة في قعر الخزانات.

بالإضافة لغاز الرادون المشع Rn-٢٢٢ الذي ينطلق من خلال فتحات التهوية في الخزانات والصمامات.



وبالتالي يمكن اعتبار جميع الرواسب الناتجة عن أنظمة نقل النفط ومواد تنظيف الانسكابات النفطية والتربة والمعدات الملوثتين من أنشطة استبدال وانهاء العمل بالخزانات والانابيب بالإضافة الى المذيبات المستخدمة في تنظيف المعدات والخرق المستخدمة جميعها نفايات خطرة يجب التعامل معها بشكل آمن.

يترافق النشاط الاشعاعي في صناعة النفط والغاز مع:

- **عمليات النقل :**

إن أهم الأجزاء التي يظهر فيها تأثير مخاطر النشاط الإشعاعي هي خزانات و أنابيب النقل ، وكذلك معدات النقل مثل الحاويات والناقلات .

- **عمليات المعالجة :**

تشمل هذه العمليات العديد من الأنشطة ، وأهمها عمليات التنظيف والتدوير.

- **استخدام المنتجات و المشتقات :**

يصاحب استخدام منتجات النفط والغاز والمشتقات المتعلقة بهما، تواجد (للنورم) قد ينتقل هو وتأثيره إلى كل من الإنسان والمكونات الأساسية للبيئة (الهواء والماء و التربة) وكذلك المواد الغذائية.

ويتركز (النورم) المصاحب لعمليات نقل النفط في:

- **أنابيب النقل .**

- **الرواسب و الحمأة.**

- **المعدات والمعادن .**

- **المياه المرافقة او الدريناج.**

طرق إزالة الرواسب الحرشفية

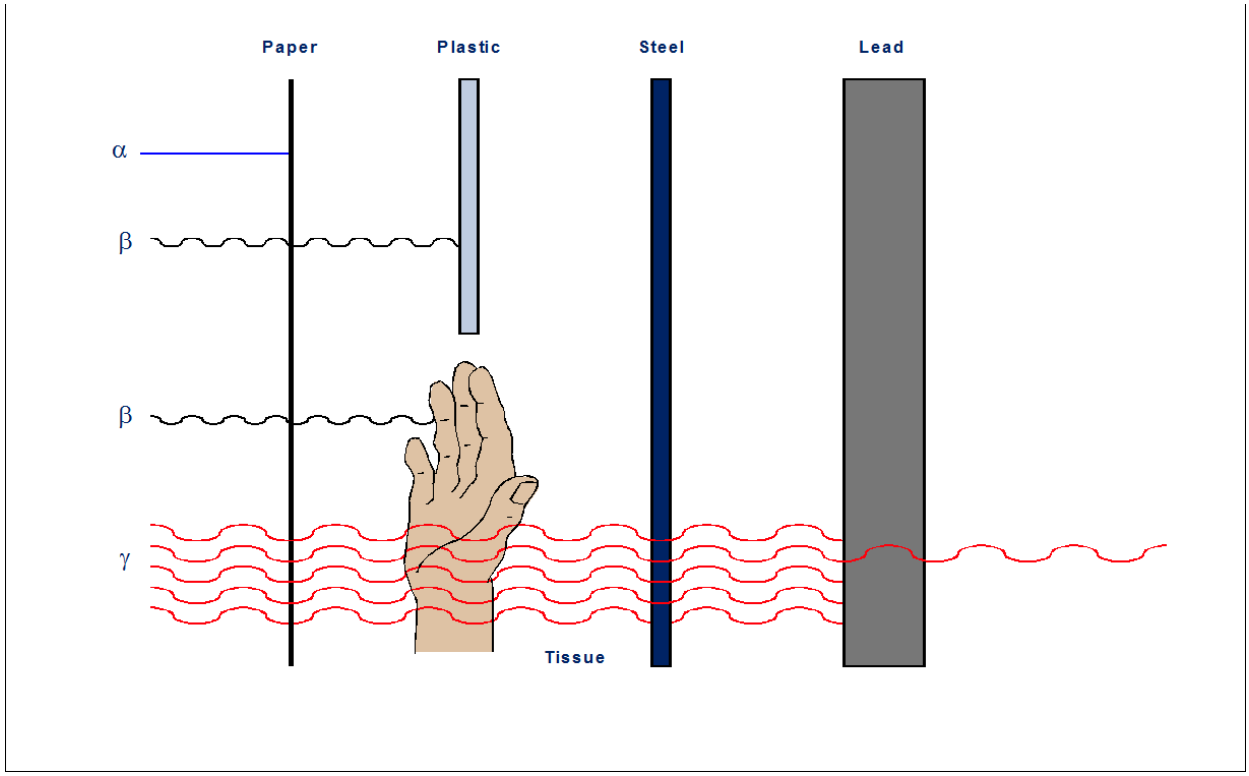
- القاشط الآلي
- التنظيف اليدوي
- طريقة الكشط الآلي
- التنظيف الكيميائي
- التنظيف بالماء تحت ضغط

معدات ملوثة تتطلب تنظيف يدوي

٢ – المخاطر الناجمة عن التلوث الإشعاعي:

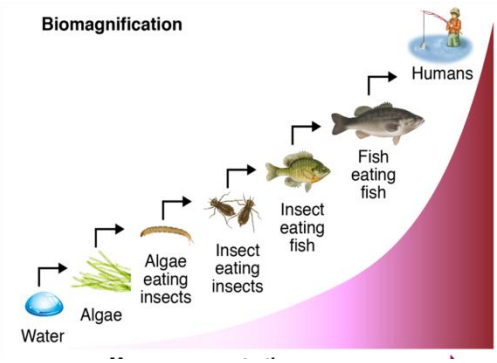
تنبعث المواد المشعة جسيمات ألفا وبيتا، وكذلك أشعة غاما.

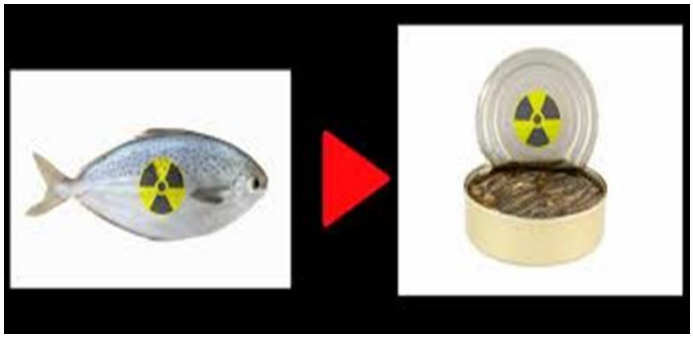
- يعتبر جسيم ألفا هو الاخطر بالرغم أنه لا يستطيع اختراق الجلد مباشرة إلا أنه وبواسطة الاستنشاق أو البلع أو في حال اصداره من جسيم مشع داخل الجسم فإنه يعطي كامل طاقته للجسيم الذي يصدمه وبالتالي تغيير في المواصفات الكيميائية للجسيم لتشكل مايسمى الجذور الحرة ذات التأثير المسر طن حيث تقوم هذه الجذور الحرة بتخريب الجزيئات العضوية في الخلايا.
- أما جسيمات بيتا فهي الكترونات ذات طاقة عالية. تؤثر على صحة الإنسان عن طريق الاستنشاق والابتلاع في حال التعرض الداخلي.
- فيما تكون أشعة غاما المنبعثة من الراديوم ٢٢٦، ما يمثل ٤٪ من الأشعة الضارة للإنسان مع التعرض الكافي. وأشعة غاما لها اختراقية عالية للغاية ويمكن أن تمر عبر بعض المعادن.



ويشار إلى نظائر الراديوم على أنها "الباحثين عن العظام" والتي عندما تدخل الجسم تهاجر إلى الأنسجة والعظام وتتركز فيها. وتسبب التعرض الذي يمكن أن يسبب سرطان العظام . أما إذا لم يتم طرد ذرات الراديوم من الجسم، فإنها تتركز في المناطق التي تكون فيها أيونات الكلوريد هي السائدة، مثل النسيج العظمي. إن عمر النصف للراديوم ٢٢٦ ما يقرب من ١٦٢٠ سنة، وستبقى في الجسم لفترة حياة الإنسان؛ وهي فترة طويلة نسبيا من الوقت وكافية لإحداث الضرر الصحي.

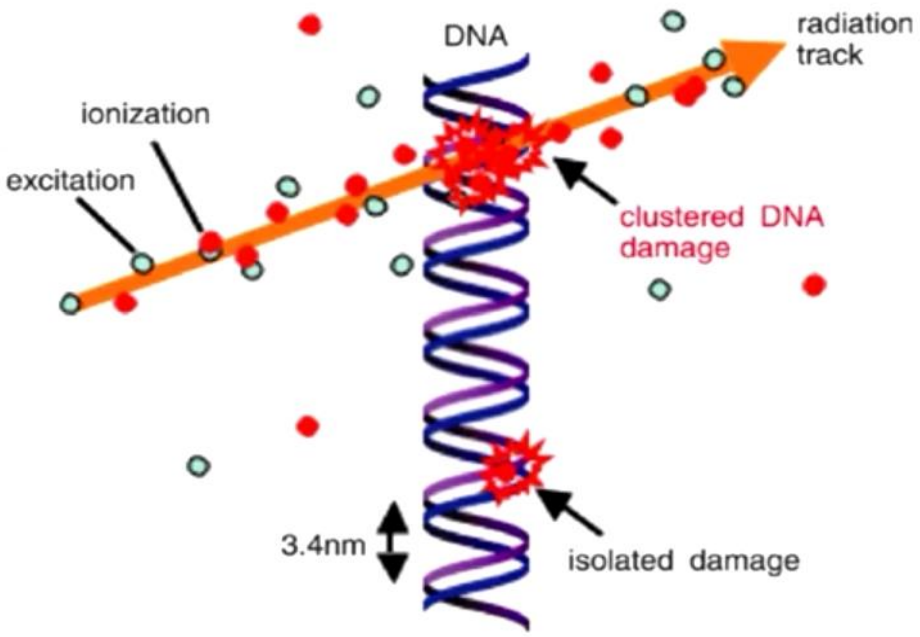
إن أهم المخاطر المرتبطة بال NORM هي ما يسببه دخول المواد المشعة الى الجسم عن طريق الاستنشاق والابتلاع وتأثيرها المسرطن بفعل الجسيمات المتأينة الناتجة عنها. فضلا عن التعرض الخارجي لتلك الاشعاعات حيث تتراكم كميات كبيرة من المواد المشعة وخاصة في الاعمال الجافة المصاحبة للغبار الذي يحمل مع الهواء. بالضافة لانتقالها عبر التربة الى المياه الجوفية أو الى المسطحات المائية القريبة أو عبر السلسلة الغذائية.





٢-١- الاثار البيولوجية للتلوث الاشعاعي

عند دخول المواد المشعة داخل الجسم عن أي طريق يتم امتصاصها ودخولها في العمليات البيوكيميائية الاساسية ووصول هذه المواد المشعة الى الدورة الدموية وسوائل الجسم ويتم توزيعها الى جميع انسجة الجسم طبقا للصفات والخصائص الكيميائية للعناصر والمركبات التي تكون هذه المواد المشعة.



<u>وتتمثل الاثار الضارة للإشعاع في الجسم البشري بمايلي:</u>

أ- **اثار جسدية (ذاتية)** : وهي المخاطر او الاثار التي تصيب كافة انواع الخلايا الجسمية. أي ان اعراضها او اثارها تظهر في الكائن الحي نفسه الذي تعرض للإشعاع.

ب- **اثار وراثية** : وهي الاثار التي تنتج عن تعرض المادة الوراثية DNA للإشعاع والتي تظهر اعراضها في ذرية الكائن الحي الذي تعرض للإشعاعات.

٢-٢- العوامل التي تتحكم في اثار التعرض الاشعاعي:

- الخواص الفيزيائية للمادة المشعة وتتضمن عمر النصف، نوع وطاقة الاشعة المنبعثة، الانتقال الخطي للطاقة، الطاقة الممتصة من النسيج الحاوي للمصدر الى النسيج المستقبل للأشعة.
- العوامل البيولوجية للمادة المشعة وانتقال المادة داخل الجسم من عضو الى اخر، الى جانب استبقاء المادة المشعة في نسيج معين، والفترة الزمنية لتواجد المادة المشعة داخل الجسم ثم طرق خروج المادة المشعة من الجسم وكذالك عمر النصف البيولوجي الى جانب عوامل مثل السن والجنس والامراض المختلفة.

ومن الاثار الصحية للتعرض الاشعاعي هي التحول السرطاني لبعض الانسجة التي تتواجد فيها المواد المشعة لفترات طويلة نسبيا.

٢-٣- التاثير الاشعاعي على الجسم يمر بمرحلتين اساسيتين:

٢-٣-١ المرحلة الفيزيوكيميائية:

وهذه المرحلة في تطور الاصابة الاشعاعية تخص امتصاص الطاقة الاشعاعية داخل روابط الجزيئات الكيميائية في الخلايا وينتج عن ذلك حدوث توتر او تأين لهذه الروابط الفيزيوكيميائية في الجزيئات الموجودة في الحيز البيولوجي الذي تعرض والذي حدثت فيه عمليات امتصاص للطاقة. وينتج عن ذلك حدوث تغيرات في اداء وظيفة الجزيئات الكيميائية التي حدث توتر وتأين لروابطها وتسمى تغيرات في الجزيئات.

وتعتبر هذه المرحلة الاساس الذي سوف يترتب عليه تطور وظهور نوعية الاصابة الناتجة من التعرض الاشعاعي. وهذه المرحلة مهمة فيما يخص حدوث عمليات اصلاح في الجزيئات الكيميائية التي تأثرت بالتعرض الاشعاعي وامتصاص الطاقة الاشعاعية وكذلك تطور الاصابة الاشعاعية ومداها والذي يحدد مقدار وحجم الاثر المتبقي بعد الاصلاح الذي يتم في الجزيئات.

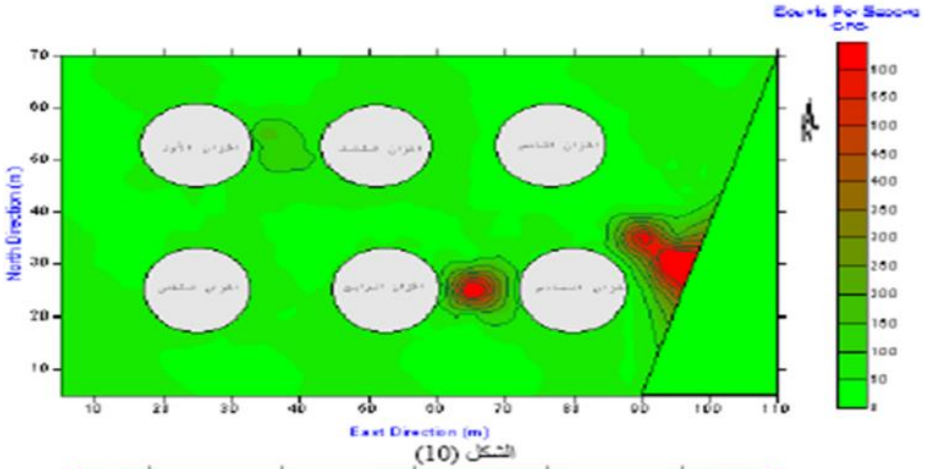
٢-٣-٢مرحلة التأثير البيولوجي على الخلايا والانسجة:

التغيرات الكيميائية التي تحدث للجزيئات تشكل الاساس الذي يترتب عليه تطور وظهور الاثار الاشعاعية في الخلايا والأنسجة واهمها تحول الجزيئات لإنتاج جذور حرة سfree radical الذي يتميز بنشاط كيميائي كبير مما يؤثر على تركيب الخلايا وبالتالي على وظائفها ويتوقف حجم ونوعية وشدة هذه الاثار على عوامل كثيرة تخص النظام البيولوجي المتعرض للإشعاع وتخص ايضا النظام الفيزيائي للأشعة الساقطة بكل جوانبه.

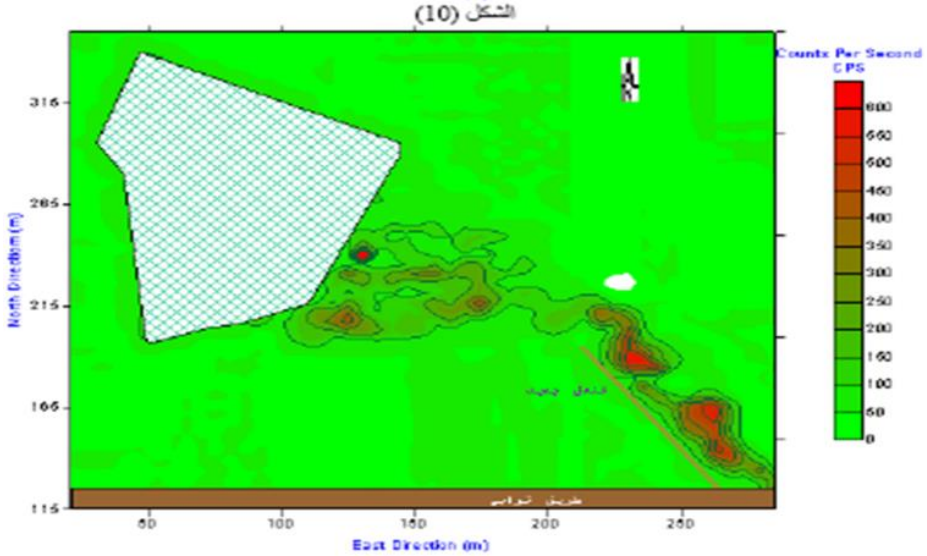
٣- تقارير ميدانية:

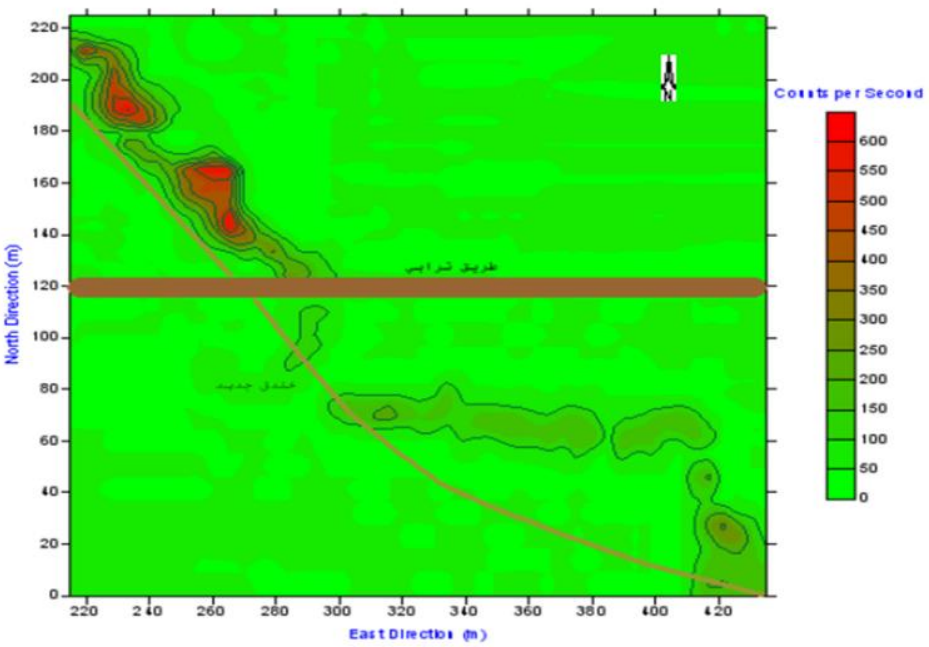
- تقرير عن هيئة الطاقة الذرية ٢٠٠٥ في سورية واقتراح خطة معالجة المناطق الملوثة بالمواد المشعة الطبيعية في حقول النفط السورية (حقول الرميلان) وأظهرت المسوحات الإشعاعية في منطقة خزانات تل عدس.

الشكل (1-1). أراضي ملوثة بالقرب من الخزانات في تل عدس



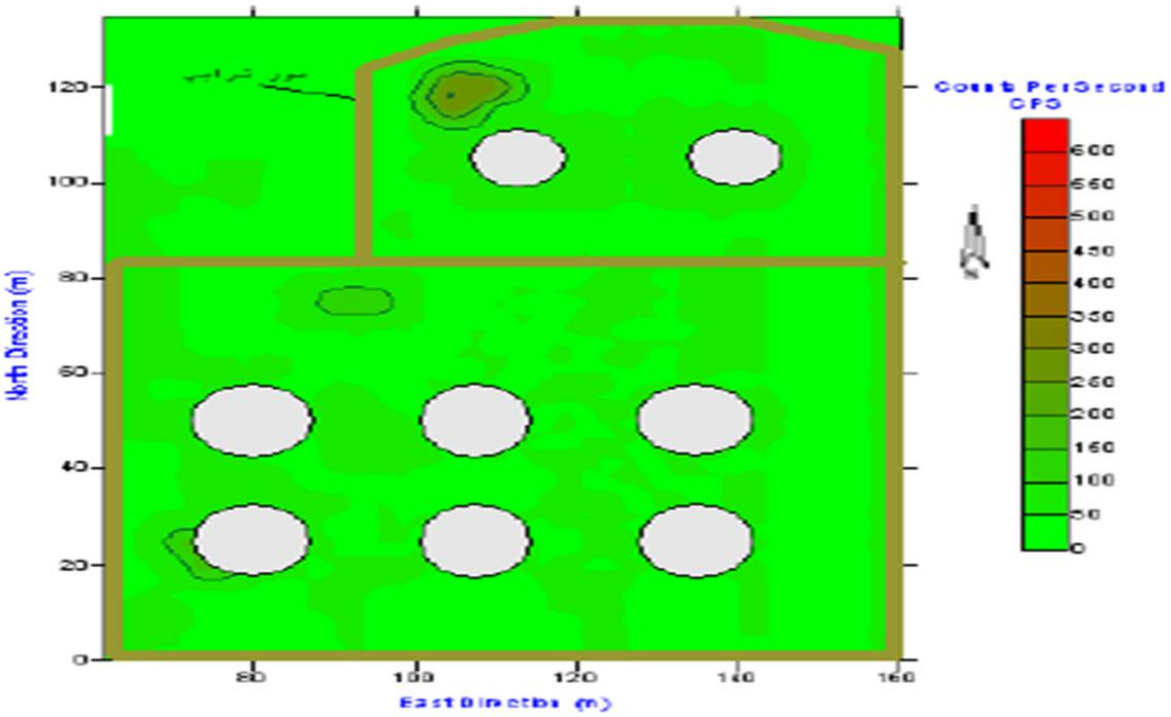
الشكل (10)





المسح الشعاعي قبل المعالجة

حيث وصلت نتائج المسوحات الإشعاعية لأكثر من ٢ ميكروسيفرت / الساعة في حين أن معدل الجرعة المسموح بها ٠,١ ميكروسيفرت في الساعة أو اقل حسب توصيات الوكالة الدولية للطاقة الذرية.



المسح الاشعاعي بعد المعالجة

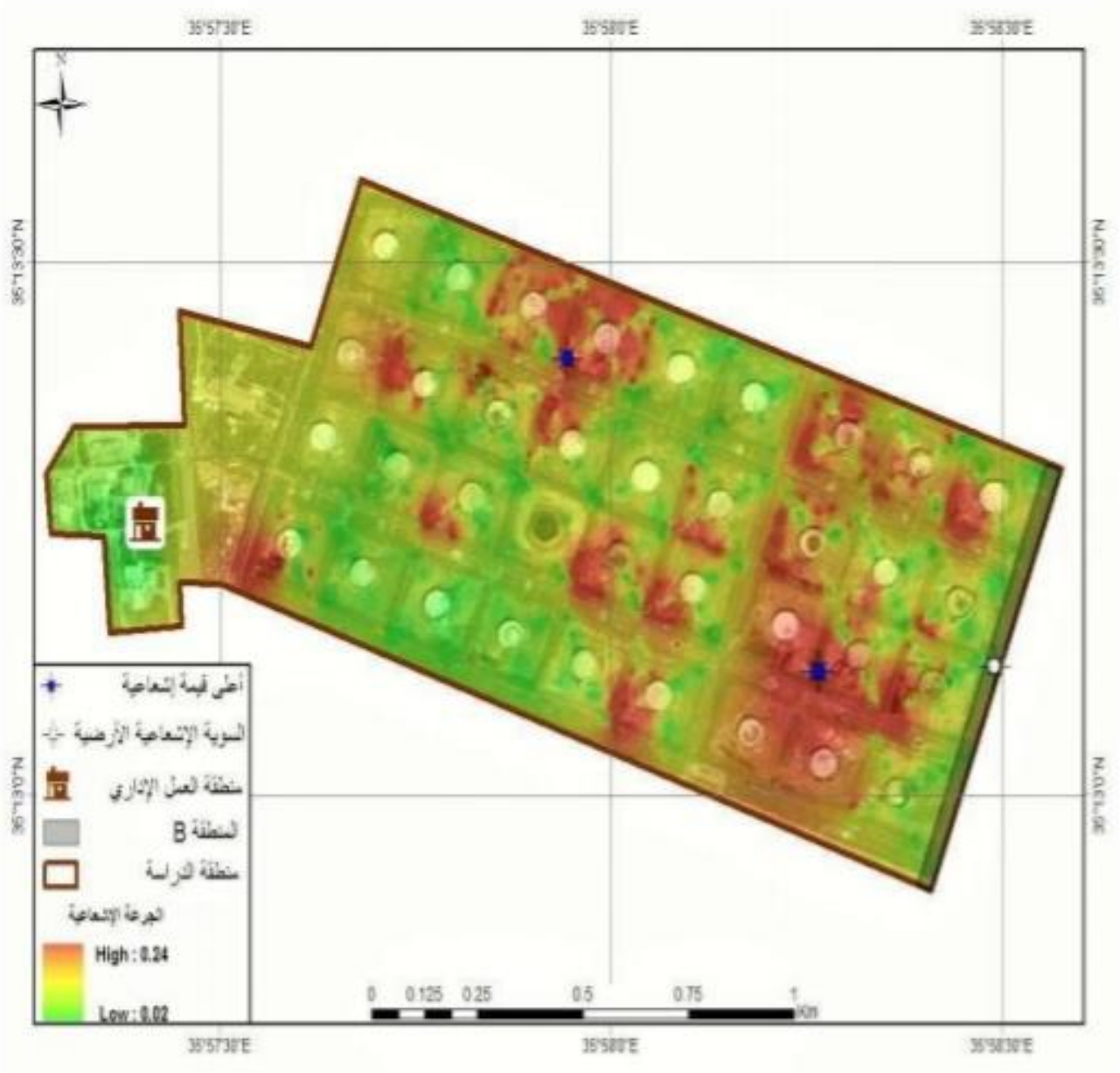
- و قد كلفت الشركة السورية لنقل النفط في بانياس المعهد العالي لبحوث البيئة بجامعة تشرين بموجب عقد تاريخ ٢٠٠٤/١١/٤ لإجراء دراسة وكشف وتحديد بؤر التلوث الإشعاعي بمواقع الشركة:

- الخزانات .
- ٤حفر رواسب .
- قناة تصريف المياه لشركة مصفاة بانياس .
- سبع مضخات تحميل .
- الشاطىء البحري للشركة.
- وفي منطقة تكدس الانابيب.
- المناطق خارج الساتر الترابي المحيط بكل خزان.
- وفي المناطق القريبة والبعيدة من حفر الرواسب.

ووجد فريق العمل أن٢٣ بؤرة اشعاعية من اصل الـ ٤٤ بؤرة متوضعة في منطقة الخزانات وخاصة الثقيل منها وبؤرة واحدة ممتدة في حفر الرواسب أكثر من ٠.١٧ ميكرو سيفرت/ ساعة علما" بأن الجرعة المسموح بها ٠.١ ميكروسيفرت/ ساعة. و تم الايعاز إلى اللجان المتخصصة لمنع العاملين من الاقتراب من البؤر الاشعاعية المحددة بأوتاد معدنية وشرائط حمراء خاصة بما يتعلق بحفر الرواسب الغربية الشمالية ليتم التعامل معها من قبل متعهدين وفقا" لقانون إدارة النفايات بكافة أنواعها البلدية والصناعية والخطرة رقم /٤٩/ لعام / ٢٠٠٤/ وعملا باتفاقية بازل في ادارة المواد الخطرة عام ١٩٨٩.

مؤخرا" في ٢٠١٦ تم اجراء قياس مستويات النشاط الإشعاعي في منطقة تصريف المياه المرافقة ضمن منطقة خزانات النفط في الشركة السورية لنقل النفط في بانياس ووصلت القيم المسجلة ٠,٢٤ميكروسيفرت في الساعة باستخدام مطيافية غاما وتم تحديد الفعالية الاشعاعية للنظائر المشعة المتواجدة طبيعيا (NORM) والمتمثلة بنظائر الراديوم Ra^{226} والبوتاسيوم K^{40} والثوريوم Th^{232} . وسجلت أعلى القيم لمعدل الجرعة الإشعاعية في موقع الخزان٢٨١ مقارنة مع باقي الخزانات. ويعزى الارتفاع في قيم

معدلات الجرعة الاشعاعية في الخزانات وخاصة النقاط الساخنة الى ارتفاع تراكيز النيوكليدات المشعة الحاصل في ترب المناطق بسبب تلوثها بالمياه المرافقة بالدرجة الاولى وعمليات الصيانة. ولحظ أن النشاط الشعاعي يتزايد باتجاه الجنوب الغربي في معظم مراقع الخزانات الامر الذي يسمح لمياه التصريف الناتجة عن عميلة التصفية في الخزان بالجريات التلقائي والتجمع المؤقت باتحاه الجنوب الغربي في كل موقع.



وخلصت الدراسة الى استنتاجات أهمها:

- أدى رمي المياه المرافقة للنفط الخام في البيئة إلى زيادة معدل الجرعة الإشعاعية في المنطقة عن السوية الإشعاعية الأرضية التي سجلت في المنطقة وقيمتها 0.084ميكرو سيفرت في الساعة. حيث أن عملية القياس المباشر لمعدل الجرعة الإشعاعية في منطقة الخزانات سجلت قيمة متوسطة مقدارها 0.104 ميكرو سيفرت في الساعة.
- عززت الطريقة المستخدمة في التخلص من المياه المرافقة للنفط من تراكيز الفعالية الإشعاعية للنظائر المشعة وخاصة الراديوم ^{226} Ra حيث وصلت قينة تركيزه إلى $210\ Bq.Kg^{-1}$ في تربة الخزان ٢٢٤ وهذه القيمة هي أعلى من المعدل المسجل للراديوم في التربة في سورية وأعلى من قيمة قينة المعدل العالمي.
- معظم القيم التي سجلت سوية اشعاعية من مرتبة ضعف السوية الإشعاعية الأرضية 0.16 ميكرو سيفرت في الساعة ومافوق سجلت في أماكن متأثرة بالمياه المرافقة المطروحة في أحواض الخزانات سواء بالجريان أو التجمع المؤقت للمياه .
- الحاجة الملحة الى ايجاد شبكة لتجميع المياه المرافقة في منطقة خزانات النفط الخام وتبني منظومة لمعالجة المياه المرافقة العالية الملوحة والملوثة اشعاعيا".

اجراءات معالجة التربة الملوثة اشعاعيا":

- تعتبر التربة نظيفة ولا تحتاج لأية معالجة عندما يكون تركيز الراديوم اقل من ٠,١٥ بكرل/ غ.
- تعتبر التربة ملوثة وتحتاج إلى معالجة في الموقع بحيث ينخفض معدل الجرعة إلى ٠,١ ميكروسيفرت في الساعة أو اقل عندما يكون تركيز عنصر الراديوم بين ٠,١٥ و ٥,٢ بكرل / غرام .
- تعتبر التربة ملوثة ويجب ازالتها من الموقع والتعامل معها على انها نفايات مشعة عندما يكون تركيز الراديوم اكبر من ٥,٢ بكرل /غرام.

وبالتالي الاجراءات تتلخص بمايلي:

١- نقل التربة الملوثة المتوضعة داخل المحطة أي بجانب الخزانات والأحواض والمضخات بعمق ١٥سم الى المناطق الملوثة خارج المحطة.

٢- تسوية الاماكن التي رفع منها التلوث باستخدام تربة نظيفة ورصها بعد رشها بالماء بحيث لا تقل سماكة الطبقة السطحية ١٥ سم.

٣- اجراء مسح اشعاعي للمنطقة المعالجة والتاكد من تحقيق المعايير السورية بحيث تحقق حد الجرعة ٠,١ ميلي سيفرت/ سنة كحد آمن.

٤- في حال عدم تحقق المعيار السوري تعاد يتم فرش طبقة اخرى من تربة نظيفة على كامل المنطقة المعالجة بثخانة ١٥ سم ومن ثم تعاد القياسات الاشعاعية للتاكد من حد الجرعة.

٤- <u>إدارة النفايات الاشعاعية الخطرة:</u>

تلتزم الشركة بالمعايير الدولية والمواصفات السورية في المحافظة على ظروف العمل الملائمة وتوصيات الوكالة الدولية للوقاية الاشعاعية ICRP لعام ١٩٩١ بأن لا تتجاوز حدود الجرعة الإشعاعية للعمال ١ ميلي سيفرت / سنة و ١٠٠ ميلي سيفرت/السنة للعاملين .

<u>وأهم الإجراءات التخفيفية التي تلتزم بها الشركة للتعامل مع النفايات ذات النشاط الاشعاعي هي:</u>

- الإزالة الدورية للحمأة المتولدة في قعر خزانات النفط للحفاظ على السعة التخزينية بالاضافة لإزالة الاتربة الملوثة بالانسكابات النفطية (sludge) حيث يتم ترحيلها إلى حفر الرواسب والتعامل معها بطرق سليمة بيئيا" عن طريق اعادة المعالجة لاستعادة النفط والتعامل مع المتبقي بشكل آمن.

- الفحص الدوري لجميع المعدات المستخدمة في الصيانة وجمعها في أماكن مخصصة لها وعزل الملوث منها اشعاعيا".

- اعتماد نظام فصل المياه المطرية عن مياه الدريناج للحد من انتشار ال NORM المتواجد في المياه المرافقة للنفط.

- حماية العمال من التلوث بتأمين اللباس والتدريب والمعدات المناسبة للتقليل من تأثير تلك الملوثات أثناء العمل.

- تأمين مخازن خاصة لتجميع النفايات الصلبة والقطع والأنابيب الملوثة اشعاعيا" بعيدا" عن موقع العمل ليصار إلى استثمارها عن طريق متعهدين. أو التخلص منها بشكل آمن في مدافن خاصة.

– يقوم المتعهد المرخص له التخلص من النفايات التي تحوي مواد مشعة طبيعية وفقا للقوانين والأنظمة المعمول بها بحيث لا تؤدي الى تعرض العاملين للإشعاع وعموم الناس أو تلوث الموارد الطبيعية مثل المياه الجوفية أو تلوث التربة وعليه وضع خطة تفصيلية تتضمن الخطوات المتخذة في حالة الطوارئ وتتم هذه الأعمال تحت إشراف عناصر البيئة في الشركة ويحق لهم إيقاف العمل عند أية مخالفة.

– فتح سجلات لمتابعة جميع أعمال التخلص من النفايات الخطرة ونتائج المسح الاشعاعي في الشركة وتحديث بياناتها بالتعاون مع المراكز البحثية.

٥- <u>التوصيات الواجب اتباعها في حال وجود تلوث اشعاعي:</u>

- إجراء المسح الإشعاعي بشكل دوري و تصميم الخرائط الإشعاعية.
- يجب اتخاذ الإجراءات المناسبة للتقليل من التعرض للأشعة المؤينة إلى أدنى حد ممكن من خلال ارتداء الكمامات مع مرشحات الجسيمات.
- التدريب و التوعية بكيفية التعامل مع المواد المشعة.
- تحديد المناطق الملوثة إشعاعياّ ووضع الإشارات التحذيرية.
- تنظيف المعدات الملوثة اشعاعيا.
- تطبيق المعايير الدولية و المحلية في التعامل و نقل المواد و المعدات الملوثة.

<u>المراجع</u>

- د. محمد سعيد المصري. تعيين الرواسب الحرشفية في الصناعة النفطية وتعيين المواد المشعة الطبيعية، تقرير هيئة الطاقة الذرية. دمشق ٢٠٠٦.
- د. محمد غفر، د. فيصل مروشية، رامي ديوب. تقييم الفعالية الإشعاعية والخطر الإشعاعي المحتمل لنفايات النورم بفعل تصريف المياه المرافقة في منطقة خزانات النفط الخام في بانياس. مجلة جامعة تشرين والدراسات العلمية. سلسلة العلوم الأساسية، المجلد (٣٩) العدد(٣)، ٢٠١٧.
- WEINER, E.R, Application of Environmental aquatic chemistry, 2008.
- تقرير هيئة الطاقة الذرية، خطة معالجة المناطق الملوثة المشعة الطبيعية في حقول النفط السورية (حقول الرميلان). ٢٠٠٥.

- AlSUMAIRI, M.A, KASEM, N.A, Radioactive Contamination of Material Naturally and Decontamination Methods in the Oil and Gas Industry. Radiation Physics & Protection Conference, Egypt 2006.
- كتيب البيئة في الشركة السورية لنقل النفط، ٢٠١٨.