



SY0401174



الجمهورية العربية السورية  
هيئة الطاقة الذرية  
دمشق - ص.ب. ٦٠٩١

تقرير عن دراسة علمية مخبرية  
قسم الوقاية

تعيين اليورانيوم في عينات البول للعاملين في المحطة الرائدة باستخدام تقانة  
الفلورومتري لتقدير الجرعات الإشعاعية الداخلية.

الدكتور محمد حسان خريطة  
السيدة خالدية سخينة  
الآنسة ظهيرة الدلال

تشرين أول ٢٠٠٣

هـ ط ذ س - و / ت د ع ٥٢٥

# تعيين اليورانيوم في عينات البول للعاملين في المحطة الرائدة باستخدام تقانة الفلورومتري لتقدير الجرعات الإشعاعية الداخلية

د.محمد حسان خريطة - خالدية سخيطة - ظهيرة الدلال  
قسم الوقاية- هيئة الطاقة الذرية- ص.ب.6091- دمشق - سورية

## ملخص

نظراً لاحتمال تعرض العمال في المحطة الرائدة بحمص لليورانيوم (تعرضاً داخلياً) عن طريق الاستنشاق وتوضعه في الأعضاء والنسج وطرح جزء منه خارج الجسم عن طريق التعرق أو الإطراح البولي. فقد عُتبت الدراسة الحالية بتعيين اليورانيوم في بول هؤلاء العمال وأوضحت النتائج أن كل التحاليل للعينات كانت تحت حد الكشف للجهاز أي لا يوجد في العينات أي كميات من اليورانيوم وعليه فليس هناك حاجة لإجراء مراقبة روتينية لهؤلاء العمال.  
**الكلمات المفتاحية:** الإندخال، اليورانيوم، عينات البول، مستوى التقصي المشتق، مستوى التسجيل المشتق، الجرعة الإشعاعية الداخلية.

## مقدمة:

يتعرض الإنسان للإشعاع المؤين من مصدرين هامين هما: النظائر المشعة الطبيعية والنظائر المشعة الصناعية. تدخل النكليدات المشعة إلى الجسم عن طريق المسارات الشائعة للإندخال (الاستنشاق، الابتلاع، دخول المادة المشعة عبر الجلد). وتوجد طريقتان أساسيتان لتقدير الجرعة الإشعاعية الداخلية، الطريقة المباشرة وتعتمد على القياس المباشر للإشعاعات المنبعثة من النظائر المشعة الموجودة في الجسم، أما الطريقة غير المباشرة فتعتمد على تحليل سوائل الجسم أو فضلاته المنفصلة عنه (كالبول والدم والبراز).

## النتائج والمناقشة:

تهدف هذه الدراسة إلى مراقبة العمال في المحطة الرائدة بحمص لتقدير التعرضات المهنية لعنصر اليورانيوم لهؤلاء العمال ولاتخاذ القرار حول ضرورة إجراء مراقبة روتينية لهم أم لا (وهي القيام بقياسات دورية نظامية على العمال بشكل إفرادي وتطبق فقط في حالات الخطر المتواصل لتلوث مكان العمل من أجل أعمال اعتيادية). ويتم تقرير ذلك بالاعتماد على المفاهيم التالية:

### • مستوى التقصي المشتق **Derived Investigation Level** للمراقبة الروتينية

**DIL<sub>R</sub>**: يعتبر 0.3 من حد الاندخال السنوي، لفترة المراقبة T يوم (360 يوم لهذه

الدراسة)، ولنكليد مشع وحيد (اليورانيوم 238 لهذه الدراسة).

$$DIL_R = 0.3 \times 0.02 / e(50) \times T/365 \times m(t)$$

m(t) :قيمة الإطارح البولي كنسبة من الإندخال بالنسبة للقياسات غير مباشرة.

### • مستوى التسجيل المشتق Derived Registration Level للمراقبة

الروتينيةDRL. يعتبر 0.1 من حد الاندخال السنوي.

$$DRL_R = 0.1 \times 0.02 / e(50) \times T/365 \times m(t)$$

ونستطيع معرفة قيمة m(t) بالرجوع إلى الجداول الدورية الصادرة عن الهيئة الدولية للوقاية

الإشعاعية (ICRP(78).

### الحالات المتوقعة:

1. الحالة الأولى: إذا كانت قيمة قياس النشاط في العينة M أقل من  $DRL_R$  مستوى التسجيل

المشتق في حالة المراقبة الروتينية، تسجل قيمة M ، ولا داعي لتحديد الجرعة.

2. الحالة الثانية: إذا كانت قيمة قياس النشاط في العينة أقل من مستوى التقصي المشتق و أكبر

$$DRL_R < M < DIL_R$$

من مستوى التسجيل المشتق في حالة المراقبة الروتينية يجب تفسير نتيجة القياس على أساس النموذج الحركي الحيوي للتكليف المشع و يجب تحديد الاندخال من المعادلة التالية:

$$I = M / m(t)$$

ومن ثم تحدد الجرعة الفعالة المودعة Committed Effective Dose

بضرب الاندخال بمعامل الجرعة (مقدرة بـ Sv) حسب المعادلة التالية:

$$CED = I \times e(50)$$

وبعد تحديد الإندخال والجرعة الفعالة المودعة يجب تسجيلهما، و إجراء المراقبة الروتينية

على الأقل مرة كل سنة بالنسبة لليورانيوم 238 لأن له عمر نصف طويل.

3. الحالة الثالثة: إذا كانت قيمة قياس النشاط في العينة M أكبر من  $DIL_R$  مستوى

التقصي المشتق في حالة المراقبة الروتينية، يستقصى في هذه الحالة عن خصائص الاحتباس

الفعلي بإجراء قياسات مباشرة للعامل المعرض مهنيًا، وخصائص الإطارح بإجراء قياسات

غير مباشرة للعينات المنفصلة عن الجسم مثل البول والبراز...، و من ثم تحدد الجرعة الفعالة

المودعة. ويجب إبعاد هذا العامل عن العمل بالمواد المشعة في هذه الحالة.

ولقد تم تحليل 27 عينة لعمال المحطة الرائدة بحمص من بينهم السائقين ومراقبي الدوام فكانت

جميع النتائج تحت حد كشف الجهاز. وبعد حوالي سنة من جمع الدفعة الأولى أعدنا تحليل 15

عينة للعمال المعرضين فقط مهنيًا لعنصر اليورانيوم وهم عمال التشغيل والمعالجة والتحليل

والصيانة، وكانت النتائج أيضاً تحت حد كشف الجهاز. وبالاعتماد على ما سبق نجد أنه لا يوجد في العينات نشاط إشعاعي، وعليه فليس هناك حاجة لإجراء مراقبة روتينية لهؤلاء العمال، مما يدل على أنهم يعملون في ظروف مرضية.

## المحتويات

- 4 - الهدف من الدراسة.
- 5 - المقدمة.
- 6 - اليورانيوم و طرائق قياسه.
- 6 - طريقة جمع العينات.
- 7 - المبدأ العام للفلورومتري.
- 9 - تفاصيل طريقة العمل.
- 12 - اعتماد و توثيق طريقة تحديد اليورانيوم في عينات البول بواسطة الفلورومتري.
- 14 - نتائج العينات العيارية من مكتب ضمان الجودة.
- 15 - تقدير الجرعة الإشعاعية الداخلية.
- 19 - النتائج والمناقشة.
- 23 - المراجع.

## الهدف من الدراسة:

تهدف هذه الدراسة إلى مراقبة العمال في المحطة الرائدة بحمص لتقدير التعرضات المهنية لعنصر اليورانيوم لهؤلاء العمال ولاتخاذ القرار حول ضرورة إجراء مراقبة روتينية لهم أم لا.

## المقدمة:

يتعرض الإنسان للإشعاع المؤين من مصدرين هامين هما: النظائر المشعة الطبيعية والنظائر المشعة الصناعية وتشكل الاستخدامات الواسعة للمواد المشعة الطبيعية والصناعية في المفاعلات النووية والتطبيقات الطبية والصناعية و البحثية المصادر الأساسية للإشعاعات المؤينة التي يمكن أن يتعرض لها الإنسان.

تدخل النكليدات المشعة إلى الجسم نتيجة التعرض المهني للإشعاع وانتقاله من البيئة المحيطة الملوثة إشعاعياً إلى داخل الجسم وذلك عن طريق المسارات الشائعة للإنذار (الاستنشاق، الابتلاع ، دخول المادة المشعة عبر الجلد) وتتوضع هذه النكليدات المشعة في الجسم، مُعرضة الأعضاء والأنسجة المختلفة لجرع إشعاعية. وتنتشر في السوائل الخلالية (بين الخلايا) و تترسب في أجزاء مختلفة من الجسم (أعضاء أو نسيج) وتشتت ذاتياً حتى تتفكك بالكامل أو يتخلص منها الجسم بواسطة الإخراج.<sup>(1)</sup>

يتطلب تقدير الجرعة الإشعاعية الداخلية قياس كمية النشاط الإشعاعي في الجسم كله أو في أعضائه المختلفة. وتوجد طريقتان أساسيتان لتقدير الجرعة الإشعاعية الداخلية: الطريقة المباشرة والطريقة غير المباشرة. وتعتمد الطريقة المباشرة على القياس المباشر للإشعاعات المنبعثة من النظائر المشعة الموجودة في الجسم وذلك باستخدام كواشف الإشعاع التي توضع خارج الجسم (عداد كامل الجسم) وهي مفيدة في حالة النكليدات المشعة التي تصدر إشعاعات نافذة مثل أشعة غاما والأشعة السينية. في حين تلجأ الطريقة غير المباشرة في تقدير التلوث الإشعاعي في الجسم إلى تحليل سوائل الجسم أو فضلاته المنفصلة عنه كالبول، والبراز، والدم أو هواء الزفير وهي مفيدة في حالة النكليدات المشعة المصدرة لإشعاعات ألفا وبيتا أو النكليدات المشعة التي تصدر فقط فوتونات ضعيفة الطاقة. و قد تكون قياسات الطريقة المباشرة غير حساسة و أقل وثوقية بينما تعطي الطرائق غير المباشرة تقديراً موثقاً و أكثر حساسية. و لتقدير الإندخال والجرعة الإشعاعية الداخلية، يجب القيام بعملية مراقبة للأشخاص المعرضين مهنياً للإشعاع ولمراقبة مكان العمل للكشف عن وجود التلوث الإشعاعي الداخلي لجسم الإنسان، أي تقدير محتوى الجسم من الملوثات المشعة في الأعضاء والأنسجة المختلفة. وترتبط

مستويات الجرعة الإشعاعية بالكميات المتوسطة من النكليدات المشعة وبزمن احتجازها في الأعضاء.<sup>(3)</sup>

### اليورانيوم وطرائق قياسه:

ينتمي اليورانيوم إلى زمرة الأكتينيدات التي تتمتع جميع عناصرها بنشاط إشعاعي لعدم استقرار بنية نواها، واليورانيوم الطبيعي مزيج من عدة نظائر هي اليورانيوم 238 ونسبته 99.28% واليورانيوم 235 ونسبته 0.7% واليورانيوم 234 ونسبته 0.005% ويعد اليورانيوم من العناصر المشعة ذات أعمار النصف الطويلة والتي تقارب عمر الأرض. و اليورانيوم هو مصدر لجسيمات ألفا. ويُعتبر اليورانيوم من المواد ذات السُمية الكيميائية والإشعاعية العالية، ويعتمد ضرره على صيغة مركباته الكيميائية وعلى قدرتها على الذوبان وطريقة دخولها إلى الجسم.<sup>(4)</sup>

ويمكن قياس اليورانيوم في العينات البيولوجية بوساطة أحد التقنيات التالية:

- الكشف بالفلورة (Fluorometry) : إن هذه التقنية تمكننا من قياس اليورانيوم الكلي ولا يعطي معلومات عن مركباته النظيرية.

- عدّ النيوترونات المتأخرة (Delayed Neutron Counting): يعتمد على نشاط نظير اليورانيوم 235.

- مطيافية ألفا ( $\alpha$ -Spectrometry).

- مطيافية الكتلة (Mass Spectrometry).

و هاتان المطيافيتان تزودان بمعلومات عن كل نظائر اليورانيوم.<sup>(1)</sup>

### طريقة جمع العينات.

يعتبر البول من أكثر العينات البيولوجية المستخدمة لكشف اليورانيوم في الجسم لأنه يفترض أن يغادر 63% من اليورانيوم الموجود في الدورة الدموية إلى المثانة البولية مباشرةً، و 12% منه ينتقل إلى القنيتات الكلوية وبعد إقامة مؤقتة فيها يتجمع في المثانة البولية، وبذلك يكون مجموع ما يطرح عن طريق البول حوالي 75%.<sup>(2)</sup>

ويحتوي البول على الفضلات ومواد أخرى خاصة الماء، ترشح هذه الفضلات بوساطة الكلى من الدم وتجمع لعدة ساعات في المثانة قبل أن تطرح (معدل الإطراح



البولي اليومي للرجل المرجعي (1.4 ليتر)، ويعتمد هذا بشكل كبير على الظروف البيئية والفيزيائية، بالإضافة إلى ذلك توجد اختلافات يومية في العديد من مواد الإطراح. هذا وتجمع عينة 24 ساعة للعمال المعرضين مهنيا للإشعاع من أجل تقدير صحيح للجرعة الإشعاعية الداخلية في حالة المراقبة الروتينية لليورانيوم "المراقبة الروتينية: هي القيام بقياسات دورية نظامية على العمال بشكل إفرادي وتطبق فقط في حالات الخطر المتواصل لتلوث مكان العمل من أجل أعمال اعتيادية". تحفظ العينة في درجة حرارة منخفضة أو بإضافة حامل حمضي أو قلوي أو حافظ مثل Thymol لمنعها من التفسخ البيولوجي.<sup>(3)</sup>

و من أجل جمع العينات يزود العمال بعبوات من البولي إيثيلين ذات غطاء محكم مناسب لجمع البول ويسجل عليها تاريخ جمع العينة، اسم العامل، وتنظم العينات في جدول، وتعطى رقماً مخبرياً وتتم إضافة الملاحظات في حالة المعالجة الطبية ببعض المتمخلبات أو في حالة إعطاء المدرات أو المليينات لأنها تؤثر في مسالك الإطراح للنكليدات المشعة.

- إجراءات نقل العينة:

1. المطابقة الملائمة للعينات.
2. معالجة أولية للعينات.
3. التعبئة الملائمة وتصنيف الحاويات.
4. منع حدوث تلوث بالنكليدات المشعة أخرى أو حدوث تفسخ بيولوجي.<sup>(3)</sup>

### المبدأ العام للفلورومتري:

يتم تحديد اليورانيوم الطبيعي في العينات البيئية والبيولوجية بجهاز الفلورومتري، ويعتمد مبدؤه الأساسي على الفلورة، حيث تثار الكترونات اليورانيوم المصهورة مع فلور الصوديوم (الذي يشكل معقد  $UF_6$ ) عند سقوط الأشعة فوق البنفسجية على العينة بطول موجة 365nm فتنتقل من سوية طاقة دنيا إلى سوية طاقة عليا وعند زوال تأثير الأشعة تعود الالكترونات إلى سويتها الأصلية مطلقة أشعة الفلورة عند طول الموجة 555nm وتتحول ضمن الجهاز إلى إشارة كهربائية بوساطة المضاعف الضوئي وتترجم على اللوحة الرقمية برقم معين.

الأجهزة و الأدوات :

1. جهاز الفلوروميتر الرقمي .-27-000 Digital Fluorometry Jarell-Ash, ,Aduanced Technical service Gmbh, Zwi Tzerland.
2. حراق.
3. مرمدة.
4. صحنون بلاتين.
5. شبكة أميانت .
6. مجفف .
7. سخان كهربائي .
8. بياشر + ممصات + بالونات معايرة زجاجية .
9. مايكروبييت 200 µg .
10. عبوات من البولي إيتلين .

#### المحاليل و المواد المستخدمة :

1. حمض كلور الماء المركز 37% . و يحضر منه التركيز ( 0.5 N و 0.05 ) حسب قانون التمديد .
2. حمض الأزوت المركز 65% .
3. ماء أوكسجين 35% .
4. حمض الكبريت 98% و يحضر منه المحاليل ( 0.25M – 2M ).
5. محلول عياري من اليورانيوم 1000 ppm يحضر بأخذ 0.1179 g من  $U_3O_8$  وتحل في 3 مل من حمض الأزوت المركز مع التسخين ثم يتم الحجم إلى 100 مل في بالون معايرة بالماء المقطر . (يبقى هذا المحلول مدة سنة صالحاً للاستعمال) . ويحضر منه عدة محاليل عيارية مختلفة التراكيز .
6. مزيج حامل يتكون من  $K_2CO_3$  و  $Na_2CO_3$  و NaF بنسبة 45.5 و 45.5 و 9 على الترتيب، لها درجة انصهار مقدارها  $650^{\circ}C$ . تؤخذ النسب السابقة وتمزج جيداً في خلاط كهربائي لمدة 8 ساعات ويجب خلطها عند كل استخدام لمدة 15 دقيقة.

## تفاصيل طريقة العمل :

- يؤخذ حجم 500 مل من البول و توضع في بيشر زجاجي سعة 600 مل.
1. تضاف ماءات الأمونيوم للعينة حتى تصبح درجة حموضة الوسط الـ pH في المجال من 7 إلى 8. لأنه في هذا الوسط يتشكل راسب  $UO_2(OH)_2$  ذو الصفات المذبذبة و تغلب عليه الصفة الأساسية فهو لاينحل في الأسس في حين ينحل جيداً في الحموض مكوناً شاردة الأورانيل  $UO_2^{+2}$  المنحلة جيداً في الماء<sup>(8)</sup>. (تجرى هذه الخطوة مع التحريك المستمر للعينة).
  2. تغطى البياشر بغطاء زجاجي و تترك لمدة 48 ساعة حتى يرقد الراسب.
  3. يزال السائل الطافي بطريقة الإبانة، ويؤخذ الراسب و يثقل لمدة 10 دقائق بسرعة 2000 دورة بالثانية.
  4. يؤخذ الراسب و يضاف له 20 مل حمض الآزوت 65% مع قطرات من الماء الأوكسجيني، و تبخر حتى الجفاف (يكرر مرتين).
  5. يضاف 20 مل حمض كلور الماء 37% و تبخر حتى الجفاف. (يكرر مرة واحدة).
  6. تحل العينة بـ 3 مل حمض كلور ماء 37% + 30 مل ماء مقطر. ثم، تضاف ماءات الأمونيوم حتى تصبح درجة حموضة الوسط الـ pH في المجال من 7 إلى 8. ثم ، يضاف حمض الكبريت (2M) حتى يصبح الـ pH مساوياً للواحد. و تهدف هذه الخطوة إلى عدم تشكل أملاح غير منحلة.
  7. تهيئ أعمدة التبادل الشاردي بإضافة 5 غرامات من Dowex 1x4 mesh . 100-200 .
    - نمرر 100 مل ماء ثنائي التقطير.
    - نمرر 40 مل حمض الكبريت (2M).
    - نمرر العينة.

- نمر 30 مل حمض الكبريت (0.25M) للتخلص من الحديد في هذه المرحلة.
- نمر 30 مل حمض كلور الماء (12 مول/لتر)، يحول المبادل ثانياً إلى الشكل الكلوري وتتخلص من آثار المخمدات الباقية وأهمها الثوريوم.
- نجمع هذه القطعة الحاوية على اليورانيوم بتمرير 50 مل من حمض كلور الماء (0.05N).
- 8. تجفف العينة.
- 9. تحل العينة بـ 10 مل حمض كلور ماء (0.5 N).
- 10. تؤخذ 0.2 مل من العينة و يوضع في صحن بلاتين وتبخر ثم يضاف إلى الصحن 0.4g من المزيج الحامل و يحرق الصحن بمحتوياته فنحصل على قرص حاو على معقد اليورانيوم ( $UF_6$ ). وتحضر بنفس الطريقة ثلاث مكررات.
- 11. تؤخذ ثلاث صحنون يوضع في كل منها 0.2 مل من العينة + 0.2 مل من محلول عياري 1ppm تبخر ويضاف لها 0.4 مل من المزيج الحامل من أجل صهرها.
- 12. تحضر ثلاث صحنون من محلول عياري 1ppm لأجل معايرة الجهاز.
- 13. تحضر ثلاث صحنون بوضع المادة الحاملة لليورانيوم فقط (شاهد)، لأجل معايرة الجهاز أيضاً.
- 14. معايرة الجهاز :
- يتم تشغيل الجهاز لمدة نصف ساعة بوضع مفتاح التشغيل على on.
- تضبط اللوحة الرقمية على الصفر باستخدام مفتاح الـ Zero .
- يدار مفتاح الحساسية إلى الرقم 4 .
- يؤخذ القرص العياري و يدخل إلى غرفة العينة ويضبط أحد المفاتيح المتعددة حسب كمية اليورانيوم الموجودة في القرص وبواسطة مفتاح Fine voltage تضبط الشاشة على رقم معين مختار.

- يؤخذ القرص الشاهد ويوضع في غرفة العينة ويضغط على نفس المفتاح ويضبط على الرقم صفر بواسطة مفتاح الـ Background
- يكرر البندان السابقان إلى أن يتم قراءة الصحن العياري والصحن الشاهد دون تحريك أي من مفتاحي الفولتاج الرقمي Fine voltage ومفتاح الـ Background .
- ثم تقاس الأقراص الحاوية على عينة البول، مع الأقراص الحاوية على عينة البول + العياري الداخلي. وبعد قراءة ستة أقراص تعاد عملية معايرة الجهاز.

#### المعادلة المستخدمة في الحساب:

تحسب كمية اليورانيوم الأصلية الموجودة في العينة من المعادلة التالية:

$$U(\mu g) = \frac{F_1 \times S(\mu g)}{F_2 - F_1}$$

حيث :  $F_1$  : قراءة فلورة العينة.

$F_2$  : قراءة العينة بعد إضافة كمية معلومة من اليورانيوم .

$S$  : كمية اليورانيوم المضافة إلى العينة مقدرة بـ ( $\mu g$ ) .

$U$  : كمية اليورانيوم في العينة مقدرة بـ ( $\mu g$ ) .

ملاحظة: يتم التحويل من  $\mu g \cdot ml^{-1}$  إلى  $Bq \cdot L^{-1}$  وفقاً لما يلي:

النشاط الإشعاعي في 1g من اليورانيوم  $^{238}U$  يقارب  $12.4 \times 10^3$  Bq

ويتم بعد ذلك حساب النشاط الإشعاعي في كامل الإطار اليومي على افتراض أن معدل

الإطراح اليومي للرجل المرجعي 1.4 ليتر في اليوم حسب منشورات ICRP .

اعتماد و توثيق طريقة تحديد اليورانيوم في عينة البول بواسطة الفلورومتري:  
(انظر الملحق 1)

**1. تحديد الحد الأدنى لكشف الطريقة: Method Detection Limit**

- تؤخذ عينة حقيقية طبقاً لبنية العينة (البول)، محللة مسبقاً ومعروفة القيم، بحيث تكون قيمة العنصر المدروس (اليورانيوم) حوالي 5-7 مرات قيمة الحد الأدنى للكشف النظري.<sup>(5)</sup>
- تقاس وتحلل العينة في نفس الشروط 10 مرات ثم يحسب الانحراف المعياري (S) حسب المعادلة (1):

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^{n-1} (X_i - \bar{X})^2 / n-1} \quad (1)$$

تحسب قيمة الحد الأدنى للكشف لطريقة على الشكل التالي:

$$MDL = 3 \times S \quad (2)$$

**2. تحديد تكرارية الطريقة: Repeatability**

- تؤخذ عينة حقيقية ذات قيم معلومة بحيث تقع هذه القيم في وسط منحنى المعايرة تقريباً، وذلك للحصول على إشارة قياس واضحة.
- تقاس العينة 10 مرات في نفس الشروط وأقرب ما يمكن إلى الثباتية في شروط القياس والتحليل وبأقصر زمن تحليلي ممكن، أي نقوم بالتحليل على نفس الجهاز وبنفس المحلل وإن أمكن في ذات اليوم.
- تحسب القيم التالية:<sup>(5)</sup>

- معامل الانحراف المعياري للتكرارية  $Sr$  حسب المعادلة (1).

- حدود التكرارية:

$$rL = 2.8 \times Sr \quad (3)$$

- حدود الارتياح:

$$CL = \frac{t \times Sr}{\sqrt{n}} \quad (4)$$

حيث:  $t = 2.82$

- معامل الانحراف النسبي:

$$RS (\%) = 100 \times \frac{Sr}{\bar{X}} \quad (5)$$

- القيمة المقاسة:

$$X = \bar{X} \pm CL \quad (6)$$

### 3. قابلية الإعادة: Reliability

تكرر العمليات الواردة في الفقرة (2) ولكن بتغيير أحد الشروط التحليل أو القياس و يفضل أن تجري القياسات في أيام مختلفة بعد الحصول على النتائج تحسب القيم التالية: (5)

- حدود قابلية الإعادة: من المعادلة رقم (3).

- حدود الارتياح: من المعادلة رقم (4).

- عامل الانحراف النسبي: من المعادلة رقم (5).

- القيمة المقاسة: من المعادلة رقم (6).

### 4. حساب معامل الاسترجاع: Recovery Coefficient

وهو الفرق بالنسبة المئوية بين نتيجة القياس للعينة مع الإضافة spike ونتيجة القياس للعينة ذاتها قبل الإضافة مقسماً على قيمة الإضافة.

فمن أجل تحديد هذه القيم تؤخذ خمس عينات مختلفة ذات تراكيز معلومة من العنصر قيد الدراسة (اليورانيوم) ثم نضيف كمية معلومة من هذا العنصر بحيث تكون هذه الكمية أكبر 25% من قيمة العنصر قبل الإضافة، وبعد التأكد من التجانس يجري القياس أو التحليل ثلاث مرات ويحسب الوسطي ومن ثم معامل الاسترجاع من المعادلة (7). (5)

$$Rec(\%) = \frac{C_f - C}{C_a} \times 100 \quad (7)$$

حيث  $C_f$ : تركيز العينة بعد الإضافة.

$C$ : تركيز العينة الأصلي.

$C_a$ : قيمة الإضافة.

## آلية ضبط جودة القياس:

" يهدف هذا الإجراء إلى وضع أسس منهجية حول كيفية ضبط جودة التحاليل و القياسات". ويكون ذلك بالنسبة لقياس اليورانسيوم بالفلورميتر، بتحضير عينة مراقبة Control Sample في المخبر. ويتم ذلك بأخذ عينة بول حقيقية وإضافة كمية معلومة من اليورانسيوم، وإضافة حمض الآزوت المركز 65% كمادة حافظة لها من التفسخ البيولوجي بنسبة (1مل حمض آزوت إلى 10مل بول). يوثق تحضير عينة المراقبة في السجل رقم HZ.00-04.<sup>(6)</sup>

## الضبط الإحصائي للقياس:

الضبط الإحصائي: هو أسلوب لتقييم أداء العملية من خلال فحص ناتجها (نتيجة القياس) للوصول بها إلى حال الضبط المطلوبة ثم الحفاظ على الحالة المثلى. يطبق هذا الإجراء على كل التحاليل والقياسات في مخابر الهيئة وذلك لمراقبة نتائج عناصر ضبط الجودة ومنها عينات المراقبة Control Sample . يجب أخذ 10 قراءات على الأقل لعينة المراقبة عند حساب القيمة الوسطى لعينة المراقبة  $\bar{x}$  وعند قياس العينات الحقيقية تقاس عينة المراقبة التي تكون معروفة القيمة ( في هذه الدراسة كل 6 أو 5 عينات حقيقية تقاس عينة مراقبة). وتسجل نتيجة القيمة المقاسة على لوحة الضبط الإحصائي وذلك بوضع إشارة x على الإحداثية المقابلة لقيمتها على محور العينات ويدون على محور السينات تاريخ التسجيل وبشكل عامودي.<sup>(7)</sup> انظر شكل (1).

## نتائج العينات المجهولة التراكيز الصادرة من مكتب ضمان الجودة.

من أجل تحديد الجرعة الإشعاعية الداخلية يجب تحليل حوالي 500 مل من عينة الإطارح البولي اليومي للعمال المعرضين مهنيًا لليورانسيوم. وقد صادفتنا صعوبات كثيرة عند التعامل مع هذا الحجم من العينة لزيادة حجم الراسب المتشكل وزيادة كمية المخمدات، و بعد إجراء العديد من التجارب ولمدة تزيد عن السنة، تم التوصل إلى طريقة العمل



المذكورة سابقاً في هذه الدراسة، وتم اعتمادها حسب الجدول المعتمد في الهيئة من قبل مكتب ضمان الجودة ورُمزت الطريقة بالرمز W2-040. وللتأكد من صحة الطريقة أرسل مكتب ضمان الجودة في الهيئة إلى مخبر تقدير الجرعة الإشعاعية الداخلية عشرة عينات مجهولة ومختلفة التراكيز، فكانت النتائج جيدة حسب ما هو مبين في الجدول (1) كما صدر عن مكتب ضمان الجودة.

**الجدول(1): نتائج جدول العينات المجهولة التراكيز كما صدرت عن مكتب ضمان الجودة**

رمز العينة	القيمة النظرية (ng.ml <sup>-1</sup> )	القيمة المقاسة (ng.ml <sup>-1</sup> )
URIN-U1	277.50	290 ± 46
URIN-U2	277.50	355 ± 57
URIN-U3	277.50	249 ± 40
URIN-U4	277.50	258 ± 41
URIN-U5	1110.00	1371 ± 219
URIN-U6	1110.00	1164 ± 186
URIN-U7	1110.00	1047 ± 167
URIN-U8	0.00	<10
URIN-U9	1110.00	1249 ± 200
URIN-U10	0.00	<10

ويلاحظ من الجدول (1) أن النتائج جيدة جداً بالنسبة لثمان من العينات العشرة بينما انحرفت نتائج العينتين URIN-U2 و URIN-U5 عن القيمة الحقيقية بمقدار صغير مما يدل على وثوقية جيدة للطريقة. تقدير الجرعة الإشعاعية الداخلية.

**الاندخال Intake:** هو نشاط النكليد المشع الداخل إلى الجسم. هذا وتُعرف الـBSS Basic Safety Standards بالاندخال بأنه عملية دخول النكليدات المشعة إلى الجسم بواسطة الاستنشاق أو الابتلاع أو عبر الجلد. إن حد الاندخال السنوي Annual Limit on Intake بالنسبة لليورانيوم 238 يحسب من المعادلة (8).

$$ALI = 0.02 \text{ Sv} / e(50) \text{ Sv.Bq} \quad (8)$$

حيث:  $e(50)$  : معامل الجرعة Dose Coefficient (الجرعة الفعالة المودعة لكل وحدة اندخال)، ويستخدم هذا المعامل لأجل نكليد مشع دخل بواسطة الابتلاع ingestion ، أو الاستنشاق inhalation، لتحديد الجرعة الفعالة المودعة عند ضربه بالاندخال المقدر. وبناءً على ذلك لكل شخص بالغ متعرض مهنيًا تحدد الفترة الزمنية بـ 50 سنة بصرف النظر عن العمر عند الاندخال.

بالرجوع إلى الجداول الدورية الصادرة عن الهيئة الدولية للوقاية الإشعاعية (ICRP(78). نجد معاملات الجرعة كما هو مبين في الجدول (2):

**الجدول(2): معاملات الجرعة مأخوذة من ICRP(78)**

Nuclide	$\tau_{1/2}$	Type	Inhalation		Ingestion	
			$F_1$	$e(50), \text{Sv Bq}^{-1}$	$f_1$	$e(50), \text{Sv Bq}^{-1}$
U-234	2.44E+05Y	F	0.02	6.4E-07	0.02	4.9E-08
		M	0.02	2.1E-06	0.002	8.3E-09
		S	0.002	6.8E-06		
U-235	7.04E+08Y	F	0.02	6.0E-07	0.02	4.6E-08
		M	0.02	1.8E-06	0.002	8.3E-09
		S	0.002	6.1E-06		
U-238	4.47E+09Y	F	0.02	5.8E-07	0.02	4.4E-08
		M	0.02	1.6E-06	0.002	7.6E-09
		S	0.002	5.7E-06		

### ملاحظات:

1. طريق الاندخال بالنسبة للعمال هو الاستنشاق inhalation، ويفترض ألا يكون هناك اندخال عن طريق الابتلاع ingestion.
2. يجب معرفة الشكل الكيميائي الفيزيائي للنكليد المشع لتحديد نوع الامتصاص، فهناك الامتصاص السريع (Fast) F، و المتوسط (Moderate) M، و البطيء S (Slow)، حيث يُعبر الامتصاص تقريباً عن عمر النصف للنكليد المشع وبما أن

عمال المحطة الرائدة في حمص يتعاملون مع مركبات اليورانيوم من نوع الأكاسيد فيكون الامتصاص من النوع البطيء S (Slow) حسب الجدول(3):

الجدول (3): مركبات اليورانيوم و أنواع الامتصاص وقيم عامل الانتقال  $f_1$ .

عنصر اليورانيوم	أنواع الامتصاص	$f_1$	مركبات اليورانيوم
اليورانيوم	F	0.020	معظم المركبات سداسية التكافؤ ، $UF_6$ ، $UO_2F_2$ ، $UO_2(NO_3)_2$
	M	0.020	المركبات الأقل انحلال ، $UO_3$ ، $UF_4$ ، $UCl_4$ ، و معظم المركبات سداسية التكافؤ الأخرى .
	S	0.002	المركبات غير منحلة $UO_2$ ، $U_3O_8$ .

الامتصاص البطيء S: هو النوع الذي تكون فيه المواد المشعة مترسبة في جهاز التنفس غير منحلة نسبياً حيث أن 0.1% فقط من المواد المشعة يمتص بعمر نصف مقداره 10 دقائق و 99.9% من المادة المشعة يمتص بعمر نصف قدره 7000 يوم. وتندرج تحت هذا النوع مركبات اليورانيوم والبلوتونيوم.

و بتطبيق المعادلة (8):

$$AIL = 0.02 \text{ Sv} / 5.7E-06 \text{ Sv.Bq} = 3508.77 \text{ Bq}$$

نحصل على حد الاندخال السنوي بالنسبة لليورانيوم 238.

ويتم تقرير إجراء المراقبة الروتينية للعمال المعرضين مهنيًا بالاعتماد على المفاهيم التالية:

- مستوى التقصي المشتق **Derived Investigation Level** للمراقبة الروتينية **DIL<sub>R</sub>**: يعتبر 0.3 من حد الاندخال السنوي الـ AIL، لفترة المراقبة T يوم (360 يوم لهذه الدراسة)، ولنكليد مشع وحيد (اليورانيوم 238 لهذه الدراسة).

$$DIL_R = 0.3 \times 0.02 / e(50) \times T/365 \times m(t) \quad (9)$$

m (t) :قيمة الإطراح البولي كنسبة من الإندخال بالنسبة للقياسات غير مباشرة.

• **مستوى التسجيل المشتق Derived Registration Level للمراقبة**

الروتينية **DRL**<sup>(8)</sup>. يعتبر 0.1 من حد الإندخال السنوي الـ AIL.

$$DRL_R = 0.1 \times 0.02 / e(50) \times T/365 \times m(t) \quad (10)$$

ونستطيع معرفة قيمة m(t) بالرجوع إلى الجداول الدورية الصادرة عن الهيئة الدولية

للمراقبة الإشعاعية (ICRP(78).

الجدول (4): المراقبة الروتينية القيمة المتوقعة بوحدة البكريل لكل بكريل من الإندخال

Type S			Type M		Type F	
Daily Feecal Excretion	Daily urinary Excretion	lungs	Daily urinary excretion	Lungs <sup>b</sup>	Daily urinary excretion	Monitoring Interval(d)
3.7E-05	<b>3.3E-06</b>	3.2E-05	6.5E-05	1.2E-02	3.1E-05	360
1.1E-04	4.3E-06	3.8E-02	1.2E-04	2.2E-02	1.2E-04	180
1.9E-04	5.2E-06	4.2E-02	1.7E-04	2.8E-02	2.3E-04	120
2.5E-04	6.0E-06	4.5E-02	2.0E-04	3.3E-02	3.5E-04	90
3.5E-04	7.7E-06	4.9E-02	2.7E-04	3.8E-02	6.8E-04	60
4.9E-04	1.2E-05	5.5E-02	4.3E-04	4.6E-02	1.8E-03	30
2.5E-03	1.9E-05	6.0E-02	6.5E-04	5.2E-02	3.5E-03	14
3.5E-02	2.4E-05	6.1E-02	7.9E-04	5.4E-02	4.6E-03	7

<sup>b</sup>: مراقبة الرنتين المتاحة فقط من أجل <sup>235</sup>U.

### الحالات المتوقعة:

4. الحالة الأولى: إذا كانت قيمة قياس النشاط في العينة M أقل من  $DRL_R$  مستوى

التسجيل المشتق في حالة المراقبة الروتينية، تسجل قيمة M ، ولا داعي لتحديد

الجرعة.<sup>(8)</sup>

5. الحالة الثانية: إذا كانت قيمة قياس النشاط في العينة أقل من مستوى التقصي

المشتق و أكبر من مستوى التسجيل المشتق في حالة المراقبة الروتينية

$$DRL_R < M < DIL_R$$

يجب تفسير نتيجة القياس على أساس النموذج الحركي الحيوي للنكليد المشع و يجب تحديد الاندخال من المعادلة التالية:

$$I = M / m(t) \quad (11)$$

ومن ثم تحدد الجرعة الفعالة المودعة Committed Effective Dose بضرب الاندخال بمعامل الجرعة (مقدرة بـ Sv) حسب المعادلة التالية:

$$CED = I \times e(50) \quad (12)$$

وبعد تحديد الاندخال و الجرعة الفعالة المودعة يجب تسجيلهما، و يجب إجراء المراقبة الروتينية، على الأقل كل سنة مرة بالنسبة لليورانيوم 238 لأن له نصف عمر طويل. (8)

6. الحالة الثالثة: إذا كانت قيمة قياس النشاط في العينة M أكبر من  $DIL_R$  مستوى التقصي المشتق في حالة المراقبة الروتينية، يستقصى في هذه الحالة عن خصائص الاحتباس الفعلي بإجراء قياسات مباشرة للعامل المعرض مهنيًا، وخصائص الإطارح بإجراء قياسات غير مباشرة للعينات المنفصلة عن الجسم مثل البول والبراز...، و من ثم تحدد الجرعة الفعالة المودعة. ويجب إبعاد هذا العامل عن العمل بالمواد المشعة في هذه الحالة. (8)

#### النتائج و المناقشة:

تم تحليل 27 عينة لعمال المحطة الرائدة بحمص من بينهم السائقين ومراقبي الدوام فكانت جميع النتائج تحت حد كشف الجهاز. وبعد حوالي سنة من جمع الدفعة الأولى أعدنا تحليل 15 عينة للعمال المعرضين فقط مهنيًا لعنصر اليورانيوم وهم عمال التشغيل والمعالجة والتحليل والصيانة، وكانت النتائج أيضاً تحت حد كشف الجهاز. أي لا يوجد في العينات نشاط إشعاعي، وعليه فليس هناك حاجة لإجراء مراقبة روتينية لهؤلاء العمال، مما يدل على أنهم يعملون في ظروف مرضية. يقترح تطوير طريقة القياس من أجل تحديد اليورانيوم النظيرين، ويتحقق ذلك بقياس عينات البول بواسطة مطيافية ألفا بعد عمليات الفصل الكيميائي الإشعاعي للعينة

وإضافة نظير اليورانيوم 232 لمعرفة المردود الكيميائي للطريقة . من أجل تحديد  
الاندخال والجرعة الفعالة المودعة لعمال المناجم المعرضين مهنيًا.

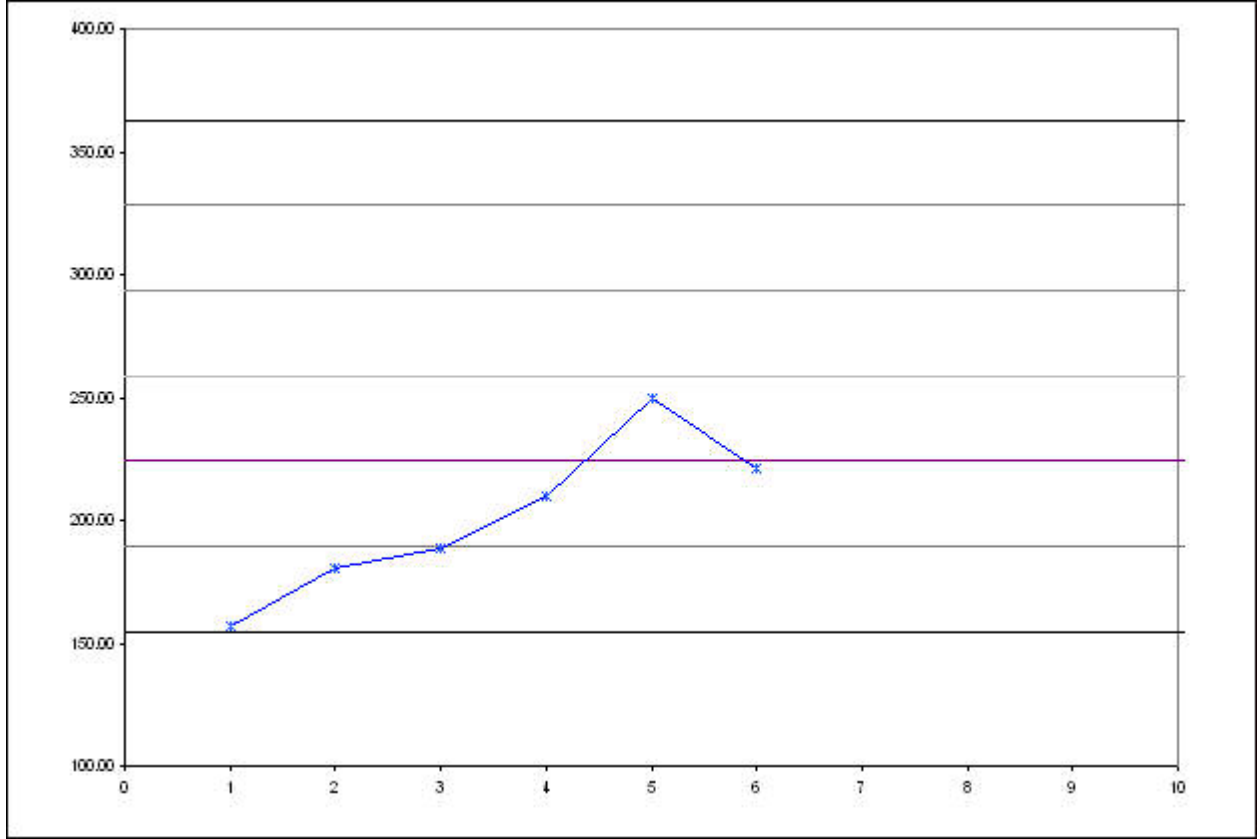
الملحق (1)

جدول (5) اعتماد طريقة تحديد اليورانيوم في عينات البول بواسطة الفلوروميتر W2-040

Method detection limit الحد الأدنى للكشف		Repeatability التكرارية					
القيمة المقاسة Measured Value		الانحراف المعياري Standard Deviation		القيمة المقاسة (ng/g) Measured Value		القيمة المتوقعة (ng/g) Expected Value	
1	0.055	0.0335		1	1.27	1.664	القيمة الوسطية التجريبية Exp. Mean Value
2	0.133			2	1.52		
3	0.113			3	2.44		
4	0.159	ح.أ.ك M.D.L		4	1.12	0.37	الانحراف المعياري STD
5	0.119	MDL = 3*STD		5	1.61		
6	0.078			6	1.79		
7	0.148	0.1005 (ng/g) المعتمد MDL		7	1.43	1.664	التكرارية
8	0.159			8	1.76		
9	0.125			9	1.92		
10	0.128			10	1.78		

Replicability قابلية الإعادة		Recovery Coefficient معامل الاسترجاع					
القيمة المقاسة (ng/g) Measured Value		الانحراف المعياري (ng/g) Standard Deviation		القيمة المضافة (ng/g) Spike Value	القيمة المسترجعة (ng/g) Recovered Value	معامل الاسترجاع % % Recovery Coefficient	
1	1.63	0.255		1	2	2.07	103.2
2	1.84			2	4	4.9	122.4
3	1.60			3	6	4.35	72.52
4	1.18			4	8	6.255	78.19
5	1.49	قابلية الإعادة Replicability		5	10	11.27	112.7
6	1.56	القيمة المتوقعة 1.664 (ng/g)					
7	1.22	القيمة الوسطية التجريبية 1.468					
8	1.30						
9	1.10						
10	1.76						

القيمة الوسطية : 258.76      الإنحراف المعياري : 34.7



الشكل (1): الضبط الإحصائي لعينة المراقبة Control Sample



## كلمة الشكر:

نشكر السيد الدكتور المدير العام لهيئة الطلقة الذرية السورية د. إبراهيم عثمان رئيس قسم الوقاية والأمان لدعمه العمل العلمي. كما نشكر الدكتور محمد سعيد المصري و الدكتور توفيق ياسين على الاستشارات العلمية حول الطريقة التحليلية. كما نشكر الأنسة يسر أمين على مساهماتها في بعض الأفكار العلمية حول الطريقة التحليلية. كما نشكر السيد محمد نظير قاسم على مساهمته في جمع العينات و نقلها من حمص إلى دمشق.

## المراجع:

1-Individual Monitoring for Intakes of Radionuclides by Workers: Design and Interpretation. [ICRP PUBLICATION 54].

2- Individual Monitoring for Internal Exposure of Workers. [ICRP PUBLICATION78].

3- Assessment of Occupational Exposure due to Intakes of Radionuclides. DRAFT SAFETY GUIDE Working ID NS85 November 1998.

4- مصادر الإشعاعات المؤينة د.محمد سعيد المصري (قسم الوقاية والأمان) محاضرة من الدورة التثقيفية حول: الوقاية الإشعاعية للعاملين في الهيئة. دمشق من 5-7-2002.

5- اعتماد و توثيق طريقة القياس أو تحليل في مخابر الهيئة HZ-003. م.عبد الغني شخاشيرو.

6- آلية ضبط جودة التحاليل و القياسات. HZ-008. م.عبد الغني شخاشيرو.

7- الضبط الإحصائي للتحاليل و القياسات. HZ-009. م.عبد الغني شخاشيرو.

8- Interpretation of Measurements Carlo-Maria Castellani. IAEA Regional Training Course on Occupational Exposure due to Intakes of Radionuclides. 12-24 October-2002. Tehran- Islamic Republic of Iran.

8- كيمياء المعادن للانتقالية. د.أحمد الحاج سعيد. ود.هيام بيرقدار. 1982

# **Determination Of Uranium In Urine Samples For Workers In The Phosphoric Acid Purification Using Fluorimetry Technique**

**M. H. KHARITA, Kh. SAKHITA, Z.ALDALLAL**

Department of Protection and Safety, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091,  
Damascus, Syria

## **ABSTRACT**

There is probability of exposure to uranium for workers in the phosphoric acid purification( internal exposure) by inhalation, and the deposition of this uranium in organs and tissues, and the consequence excretion out of the body by perspiration or urine.

This study focuses on the determination of uranium in urine samples of workers .All results seem to be under the detection limit of the method, therefore no routine monitoring is required.

## **Key Words**

Intake, uranium, urine samples, derived investigation level, derived registration level, internal dose.

SY0401174

**SYRIAN ARAB REPUBLIC  
ATOMIC ENERGY COMMISSION (AECS)  
DAMASCUS, P.O.BOX 6091**



**Report on Scientific Laboratory Study  
Department of Protection and Safety**

*↑ Uranium in*  
**Determination of Urine Samples for Workers in the  
Phosphoric Acid Purification Using Fluorimetry Technique.**

**Dr. M. H. Kharita  
Mrs. Kh. Sakhita  
Ms. Z. Aldalal**

**AECS – PR\ RSS 525**

**October 2003**