الهيئة العربية للطاقة الذرية

الذرة والتنمية

نشرة علمية إعلامية فصلية
المجلد السابع والثلاثون ـ العدد الثالث 2025

تأثير التشعيع بجاما على جسيمات السيلينيوم النانومترية المصنعه بكتيرياً: السمات المميزة والتطبيقات

التداخل والعلاقة بين الأمان والأمن والضمانات النووية: أوجه التعاضد والتضارب

التحري عن التلوث الإشعاعي والكيمائي في شط العرب بإستخدام تقنية الإشعاع السنكروتروني الإنعكاسي الكلي للفلورسنس (SR-TXRF)

الذرة في خدمة الإنسان

نشرة الذرة والتنمية، نشرة علمية إعلامية فصلية تهتم بزيادة وعي أبناء الوطن العربي بمختلف مجالات العلوم والتقنيات النووية واستخداماتها السلمية

تصدر عن الهيئة العربية للطاقة الذرية

إن الآراء والأفكار والمعلومات التي تنشر بأسماء كتّابها تكون على مسؤوليتهم

يسمح باستعمال ما ورد في هذه النشرة من مواد علمية أو فنية، بشرط الإشارة إلى مصدرها

المقالات والمراسلات توجه إلى رئيس تحرير نشرة الذرة والتنمية على عنوان الهيئة أدناه .

العنوان البريدي : الهيئة العربية للطاقة الذرية، 7، نهج المؤازرة، حي الخضراء 1003، تونس

الهاتف : 71.808.400 - الفاكس : 71.808.450

العنوان الإلكتروني: aaea@aaea.org.tn & aaea_org@yahoo.com

الموقع الإلكتروني: www.aaea.org.tn

الذرة والتنمية

نشرة فصلية ربع سنوية
تصدرها الهيئة العربية للطاقة الذرية ـ تونس
المجلد السابع والثلاثون ـ عدد خاص لسنة 2025

لجنة التحرير

رئيس التحرير : أ. د. سالم حامدي

المراجعون :

أ. د. خالد زهرمان

جدول المحتويات

الموضوع	الصفحة
✯ تأثير التشعيع بجاما على جسيمات السيلينيوم النانومترية المصنعه بكتيرياً: السمات المميزة والتطبيقات	3
✯ التداخل والعلاقة بين الأمان والأمن والضمانات النووية: أوجه التعاضد والتضارب	25
✯ التحري عن التلوث الإشعاعي والكيمائي في شط العرب بإستخدام تقنية الإشعاع السنكروتروني الإنعكاسي الكلي للفلورسنس (SR-TXRF)	45
✯ أخبار عربية وعالمية	66
✯ أخبار الهيئة	72
✯ قائمة مطبوعات الهيئة العربية للطاقة الذرية	84

تأثير التشعيع بجاما على جسيمات السيلينيوم النانومترية المصنعه بكتيرياً: السمات المميزة والتطبيقات

Abstract

While Selenium plays crucial role in metabolic process, its oxyanions are ecologically toxic. To exploit its benefits safely, various microorganisms transform them to biosafety selenium in Nano forms. Meanwhile, Gamma (γ) irradiation is frequently used in inducing mutagenesis in microbes to enhance specific trait for the sake of human health and ecosystem safety. Therefore, the current study focused on scrutinizing the properties and applications of selenium Nano particles (SeNPs) fabricated by Proteus mirabilis-10B after exposure to different doses of γ-irradiation, for the first time. The treatment of the bacterial cells with 0.5 and 1 kGy of γ-irradiation attained SeNPs with distinct variation in their features entirely. Wherein, XRD analysis emphasized the successful conversion of orange amorphous SeNPs in untreated sample to red monoclinic and trigonal-SeNPs with distinct Surface Plasmon resonance at 390 and 503 nm after 0.5 and 1 kGy-treatment, respectively. However, TEM micrographs revealed Nano spheres (2.3 - 43.7nm) in non-irradiated sample. Upon γ-irradiation, Nano rods (2.7-63.3 nm) and nanowires (82.7-164.6nm) were generated. Interestingly, ξ-potential recorded -29.4, -24.2 and -17.3mV for non-irradiated, 0.5 kGy–SeNPs and 1 kGy–SeNPs respectively; reflecting considerable long-term

colloidal stability by the virtue of accompanying bacterial biomolecules. Furthermore, the antagonistic potentiality of all SeNPs was evaluated against various pathogens, revealing their effectiveness in a concentration-dependent behavior. Additionally, a prominent and significant disinfection capability was accounted for red monoclinic SeNPs through diminishing the total bacterial count and total coliform in sewage sample by 71.77±2.3 and 88.36±2.1%, respectively. Generally, this study highlighted the role of γ-irradiation in promoting the features of SeNPs to be recruited not only in defeating microbes but also in photo catalysis, fuel cells and solar cells as prospective applications.

مـــــقـــــدمة

السيلينيوم (Se) هو عنصر نادر يوجد عادة في مواد القشرة الأرضية، وينتمي إلى المجموعة السادسة عشر (الكالكوجينات) من الجدول الدوري. وبطبيعة الحال، يوجد السيلينيوم في شكلين: غير عضوي (سيلينيت وسيلينات) وعضوي (سيلينوميثيونين وسيلينوسيستين) غير متبلور وكذلك متبلور. كما يلعب السيلينيوم دوراً حاسماً كمكون كيميائي حيوي في العديد من الإنزيمات. كما تم أيضاً تسجيل دوره في العملية الإنجابية، وأمراض القلب والأوعية الدموية، هرمون الغدة الدرقية، والتمثيل الغذائي، والحماية من الإلتهابات كما يمثل نشاطاً متعدد الوظائف كعامل مضاد للميكروبات ومضاد للإلتهابات ومضاد للسرطان. ناهيك عن أدواره الجوهرية في العديد من التطبيقات الصناعية والتجارية بحكم خواصها الفيزيائية والكيميائية.

ومن المثير للإهتمام أن الطفرة الأخيرة في تكنولوجيا النانو وفرت عدداً غير محدد من تطبيقات الجسيمات النانوية المعدنية، وخاصة الذهب والفضة. ومع ذلك، فإن تكلفتها العالية في التصنييع، مدى توافرها، وإستقرارها الكيميائي، وسميتها الخلوية قد حدت من تطبيقاتها في الجسم الحي، مما أدى إلى إيلاء المزيد من الإهتمام

للسيلينيوم. لذلك، فإن وجود السيلينيوم في نطاق النانومترى ساهم في تعزيز أدائه العام بشكل كبير. ومن الملاحظ توافر منهجيات مختلفة لتصنيع الجسيمات النانومترية من سلائفها. وعادةً ما يُعرف التوليف الفيزيائي الكيميائي بأنه الطريق الرئيسي للتصنيع، وعلى الرغم من مزاياها في توفير إنتاجية عالية وكميات كبيرة في وقت قصير نسبياً، إلا أن تطبيقها في المجالات البيئية والطبية الحيوية يبدو محدوداً نظراً لعيوبها الجسيمة. ومن ثم، فإن جميع الرؤى تتجه نحو الطبيعة لتصنيع هذه الجسيمات بيولوجيا. وتعد الكائنات الحية الدقيقة مصنعاً حيوياً في إنتاج جسيمات نانومترية مستدامة وحميدة بيئياً ومستقرة دون الحاجة إلى عوامل إختزال/ تغطية سامة أو إرتفاع درجة الحرارة في عملية سهلة التعامل وبأسعار معقولة ودون تعريض بيئتنا ونظامنا البيئي للخطر.

ومن الجدير بالإهتمام أن التهجين والدمج بين الطرق البيولوجية والأساليب الكيميائية/الفيزيائية للتصنيع من شأنه أن يقدم مميزات كليهما ويولد في نفس الوقت مخرجات جديدة متميزة ذات سمات فريدة وقيمة مضافة عالية تعتمد على الأصل البيولوجي الآمن والمتوافق حيوياً. حيث يمكن تنفيذ ذلك من خلال أمثلة متعددة مثل توجيه إشعاع جاما، سواء بشكل مباشر أو غير مباشر، على الكائنات الحية الميكروبية. حيث أن التعديلات الجينية (أي الطفرات العشوائية) الناجمة عن الإشعاعات المؤينة هي طريقة مجربة لتحقيق تحسين السلالة وقدرتها الأيضية. ومن الجدير بالذكر أن إشعاع جاما يعتبر تكنولوجيا نووية واعدة لتوفير الطاقة يمكن توجيهها للأغراض السلمية، والتي حظيت بإهتمام كبير في عدة قطاعات بدءاً من التصنيع والتعقيم مروراً بحفظ الأغذية، حماية/تحسين المحاصيل، السيطرة على الممرضات ومعالجة السرطان ونهاية بعلم الفلك .قد لخصت لجنة الخبراء المشتركة بين منظمة الأغذية والزراعة والوكالة الدولية للطاقة الذرية ومنظمة الصحة العالمية إلى أن 10 كيلوجراي من إشعاع جاما لا يشكل أي خطر سام عند إستخدامه لمعالجة

أي سلعة غذائية. إستناداً إلى الخلفية السابقة، ركزت الدراسة الحالية على التصنيع الحيوي لجسمات السيلينيوم النانومترية (SeNPs) وذلك بإستخدام بكتيريا *Proteus mirabi*lis –10B والتي تم تعريضها لجرعات تشعيع جاما مختلفة، متبوعة بتوصيفها وتقييم نشاطها المضاد للميكروبات وفعاليتها في تطهير و معالجة مياه الصرف الصحي.

المواد والأساليب

1– المصنع الحيوي، ظروف التغذية وطريقة تحضير جسيمات السيلينيوم النانومترية:

تم عزل السلالة البكتيرية Proteus mirabilis من عينة تربة، الإسكندرية، مصر. وأظهرت العزلة قدرات بيوكيميائية وفسيولوجية مميزة وتم تعريفها جينياً بناءً على الجين الريبوسومى16S – rDNA وإيداعها في قاعدة البيانات تحت رقم KY964505. أما بالنسبة للتصنيع الحيوي لجسيمات السيلينيوم النانومترية فقد تم التلقيح البكتيري بمعدل 7 106 x خلية/ مل في قوارير زجاجية تحتوي على مرق المغذيات (NBالمزود بـ 2 ميكرومول من سيلينات الصوديوم المعقمة). بعد ذلك، تم التشعيع بأشعة جاما Co60 بمعدل جرعة 0.77 كيلو جراي/ساعة و ذلك بجرعات مختلفة مثل: 0.5، 1، 2، 4، 6، 8، و16 كيلوجراي (هيئة الطاقة الذرية، مشروع السيكلوترون، أبو زعبل، مصر)، مع مصدر خلية جاما 20–CM، ومعدل جرعة التشعيع الممتصة للماء في وسط العينة .تم قياس خلية جاما الروسية لحامل العينة بإستخدام مقياس الجرعات الألانين المرجعي التابع للمختبر الفيزيائي الوطني (NPL) في المملكة المتحدة ISO/ASTM 51261(2004). وجد أن معدل جرعة التشعيع كان في حدود 0.355 كيلوجراي/ ساعة طوال فترة التجربة. بالتوازي، تم تشغيل دورقين للحوكمة، أحدهما يتكون من الوسط الذي يحتوي على 2 ميكرومول من

سيلينات الصوديوم (حوكمة سلبية)، بينما يشتمل الآخر على الوسط محتوياً على 2 ميكرومول من سيلينات الصوديوم الملقح بالسلالة البكتيرية المنتجة لجسيمات النانومترية (حوكمة إيجابية). ثم تلا ذلك تحضين جميع القوارير (أي المعالجة والحوكمات) هوائياً لمدة 72 ساعة عند 30 درجة مئوية في حاضنة مهتزة بمعدل 150 دورة/الدقيقة. في نهاية فترة التحضيين، تم فصل الكتلة الحيوية البكتيرية وإستخراج الجسيمات النانومترية طبقا للبروتوكول. كما تمت دراسة الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمحتوى الجسيمات النانومترية التي تم تصنيعها بواسطة جميع العينات سواءً التى تعرضت للتشعيع أو التى لم تتعرض (الحكومة الإيجابية) لتحديد تأثير التشعيع على خصائصها.

حيث I هو الكثافة الذرية لـ I^{135} وتقاس بـ ذرة/سم^3 γ_I=0.06386 الناتج الفعال لليود، Φ_T متوسط تدفق النترونات الحرارية في القلب، Σ_f المقطع العرضي للإنشطار الحراري للوقود، و λ_I s^{-1} $2.87x10^{-5}$= ثابت تفكك اليود.

أما معادلة تركيز الكزينون تعطى بالعلاقة حيث X هو الكثافة الذرية لـ Xe^{135} وتقاس بـ ذرة/سم^3 γ_X=0.00228 الناتج الفعال للكزينون، σ_{ax}=$2.72x10^6$ المقطع العرضي المجهري للإمتصاص الحراري للكزينون ويقدر بالبارن، λ_X s^{-1} $2.09x10^{-5}$= ثابت تفكك الكزينون.

2- توصيف جسيمات السيلينيوم النانومترية والمصنعة حيويا:

تم التأكد من التصنيع الحيوي لجسيمات السيلسنيوم النانومترية بصرياً وذلك من خلال تغير اللون. بالنسبة للخصائص البصرية، تم إستخدام مقياس الطيف الضوئي مزدوج الشعاع (UV-Vis, Labomed) في نطاق الطول الموجي من 200 إلى 800 نانومتر. لتصور جسيمات السيلينيوم النانومترية وتحديد شكلها وحجمها، تم إستخدام المجهر الإلكتروني النافذ (JEOL JEM-1230) (TEM) .

علاوة على ذلك، تم تحديد السمات الهيكلية من خلال تحليل حيود الأشعة السينية (XRD) بإستخدام مقياس حيود الأشعة السينية (Shimadzu–7000, USA). كما تم تحديد الشحنة السطحية والإستقرار على المدى الطويل بإستخدام تقنية إمكانات الزيتا (ζ–potential) بواسطة (Malvern Instrument, UK).

3– تطبيق جسيمات السيلينيوم النانومترية:

أ– **التطبيق كمضادات لنشاط الميكروبات:** تم فحص فعالية جسيمات السيلينيوم النانومترية كعوامل مضادة للميكروبات ضد بعض الميكروبات المسببة للأمراض البشرية عن طريق فحص التعكر .تم تلقيح حوالي (10^8 خلية/ مل) من *Klebsiella pneumonia* (ATCC 13883) و *Bacillus cereus* (ATCC 33019) و *Candida albicans* (ATCC 10231) كنماذج للبكتيريا إيجابية الجرام و سالبة الجرام و الخميرة، على التوالي، في 10 مل من المغذيات المختصة بالبكتيريا و الخميرة في وجود 100 و 200 و 300 ملغم / مل من جسيمات السيلينيوم النانومترية التي تم تحضيرها من البكتيريا التي تعرضت و لم تتعرض للتشعيع. تم تحضين القوارير الملقحة كما ذكر سابقاً عند 30 و25 درجة مئوية لمدة 24 ساعة و48 ساعة بالنسبة للبكتيريا والخميرة، على التوالي. بعد ذلك، تمت إضافة 40 ميكرولتر من الريسازورين (0.015٪) إلى كل 200 ميكرولتر من العينات للكشف عن النمو. بعد ساعتين من الحضانة عند 30 درجة مئوية، تم فحص جميع عينات الميكروبات الممرضة تحت الإختبار بحثاً عن تغيرات اللون من الأزرق إلى الوردي مما يشير إلى التمثيل الغذائي الميكروبي، وبالتالي النمو. تم تحديد الإمتصاصية طيفياً عند 570

نانومتر. ولحساب نسبة التثبيط الميكروبى بواسطة جسيمات السيلينيوم النانومترية تم تطبيق المعادلة **(1)**:

نسبة الإختزال الميكروبي ٪ = (A0−At)/A0*100

(المعادلة 1)

حيث يشير A_0 إلى إمتصاص العينة الغير معرضة للتشعيع ويمثل A_t إمتصاص العينات التى تعرضت للتشعيع.

ب- تطهير عينة مياه الصرف الصحي الحقيقية: تمت دراسة قدرة جميع أنواع جسيمات السيلينيوم النانومترية في تقليل الحمل الميكروبي في عينات الصرف الصحي. حيث تم خلط حوالي 500 ملغم / مل من جسيمات السيلينيوم النانومترية جيداً مع 100 مل من عينة الصرف وتحضينها لمدة 24 ساعة عند 30 درجة مئوية. بعد التحضين، تم تحديد العدد الكلى للبكتيريا وعدد القولونيات الكلى على أطباق أجار من الوسائط الغذائية (PCA) وعلى التوالى(VRBA) . ثم حساب عدد المستعمرات والتعبير عنها بعدد الخلايا/ مل .تم حساب قوة التطهير وفقاً للمعادلة 2.

فعالية التطهير (٪) = عدد المستعمرات في العينات غير المعالجة – عدد المستعمرات في العينة المعالجة / عدد المستعمرات في العينة غير المعالجة * 100

(المعادلة 2)

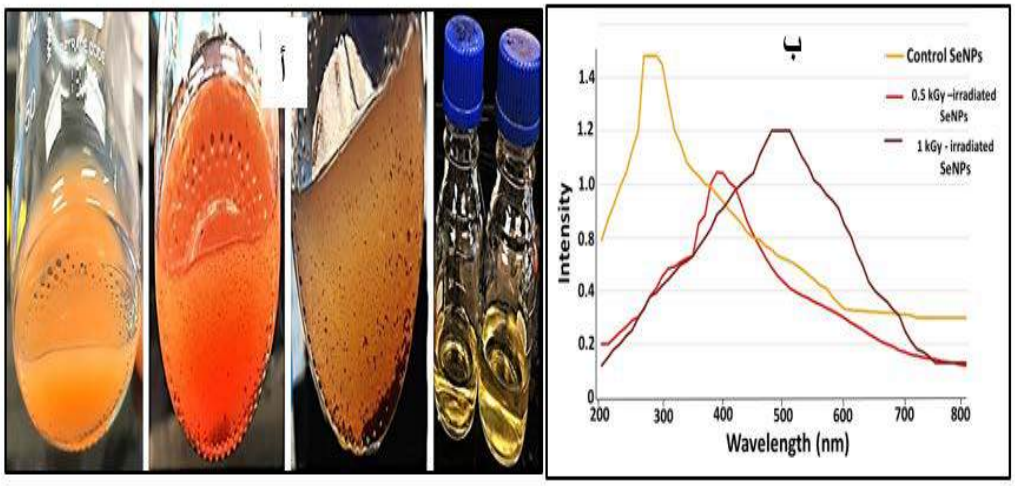
4- التحليل الإحصائي:

تم التعبير عن النتائج على أنها المتوسط ± الخطأ المعياري للمتوسط، حيث إستخدم تحليل توكي للتباين (ANOVA) لتحديد الفرق الكبير بين المعالجات المختلفة إما فرق مهم ($P < 0.05$) أو غير مهم($P > 0.05$) ، عبر برنامج Graphpad.

النتائج والمناقشة

1- التصنيع الحيوي لجسيمات السيلينيوم النانومترية تحت ظروف تشعيع مختلفة:

تم إثبات الإنتاج الحيوي لجسيمات السيلينيوم النانومترية من خلال التغيير في لون الخلايا البكتيرية والوسط المائي المحيط بها من الأصفر إلى البرتقالي، والأحمر القرمزى والأحمر البني/ الأسود، في كل القوارير التي تمت معالجتها بالتشعيع والتي لم تتم معالجتها كنموذج حوكمى إيجابي. حيث أن لون تجربة الحوكمة السلبي ظل ثابتاً دون أي تغيرات في اللون، مما يعني نجاح عملية الإختزال الحيوي لسيلينيت الصوديوم إلى جسيمات السيلينيوم النانومترية. وقد لوحظ نمو البكتيريا المصنعة وتصنيع جسيمات السيلينيوم فقط عند جرعات تشعيع 0.5 و1 كيلوجراي ولم يلاحظ أي تغيير واضح عند جرعات 2، 4، 6، 8، و16 كيلو جراي. فيما يتعلق بإمكانية التخليق الحيوي لجسيمات السيلينيوم النانومترية، أظهرت المستزرعات البكتيرية فرقاً واضحًا في لون جسيمات السيلينيوم النانومترية وأيضاً في تجميعها مع التعرض للتشعيع (الشكل 1–أ). حيث لوحظ وجود جزيئات صغيرةً برتقالية اللون منتشرة بشكل متجانس في الوسط المائي للبكتيريا غير المشععة. ولكن، عند التشعيع بجرعة 0.5 كيلو جراي، تم إكتشاف جزيئات حمراء ياقوتية متجمعة بصورة طفيفة في الوسط . بينما ظهرت الجزيئات الحمراء السوداء الأكبر حجماً متكتلّة بدرجة كبيرة في وسط الإستزراع عند التشعيع بجرعة 1 كيلو جراي. من المقترح أن الجزيئات الحيوية المختزلة المسؤولة عن تكوين جسيمات السيلينيوم النانومترية قد خضعت لطفرة جسيمة وتعديلات هيكلية عند التعرض للتشعيع، مما أدى إلى تباين واضح في المظهر البصري لجسيمات السيلينيوم النانومترية.



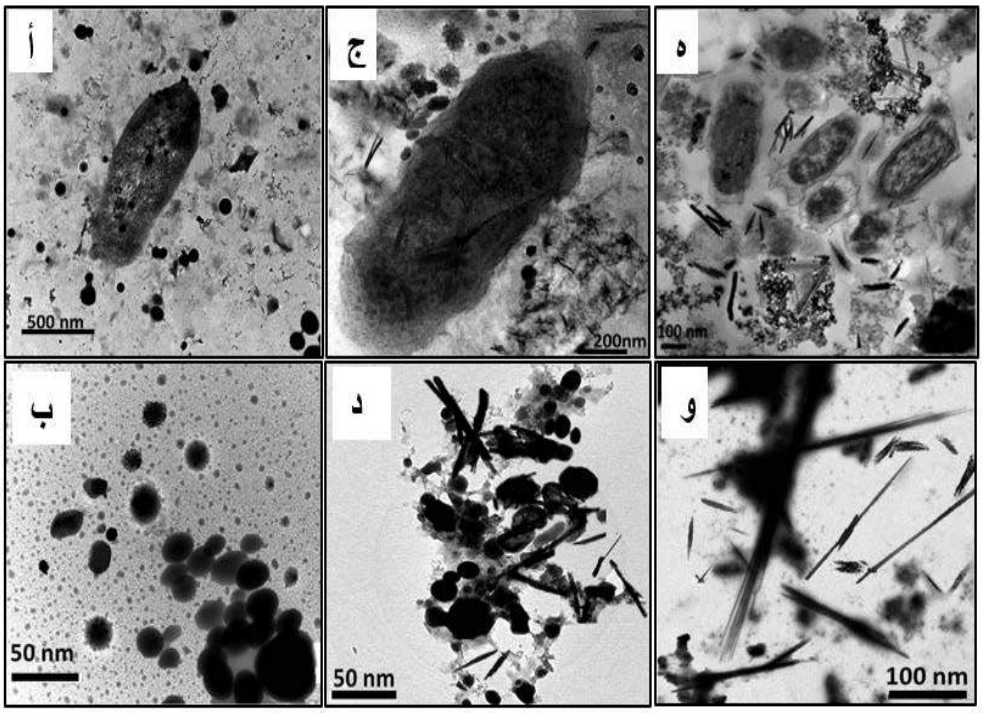
الشكل 1: الفحص البصري (أ) وأطياف إمتصاص الأشعة فوق البنفسجية (ب) لجسيمات السيلينيوم النانومترية البرتقالي والأحمر والأسود التي تنتجها *P mirabilis* 10B تحت ظروف الحوكمة الإيجابية الغير معرضة للتشعيع والمعرضة للتشعيع بجرعات 0.5 و 1 كيلوجراي.

2- توصيف جسيمات السيلينيوم النانومترية المصنعة بكتيرياً

أ- **الخواص البصرية:** أظهر التحليل الطيفي للأشعة فوق البنفسجية قمم الإمتصاص القصوى المميزة (λ max) عند أطوال موجية تبلغ 273 و390 و503 نانومتر، على التوالي للعينات الغير مشععة، و0.5 و1 كيلوجراي (**الشكل 1- ب**). ومن الجدير بالذكر أن نطاقات إهتزازات البلازمون السطحي (SPR) حساسة للغاية وقد ذكرت دراسات متعددة أن جسيمات السيلينيوم النانومترية تظهر في مدى واسع من نطاقات الإمتصاص للنظام المرئي للأشعة فوق البنفسجية ويعزى ذلك إلى

البروتوكولات المطبقة في التصنيع وتأثير الحبس الكمي كما يعزي التناقض في نتائج التحليل الطيفي بين الدراسات المختلفة إلى إختلاف حجم الجسيمات وشكلها وتركيز سيلينات الصوديوم المستخدم في التفاعل وكذلك نوع الركائز المقدمة في المستخلص البيولوجي.

ب– الخصائص المورفولوجية: عادة ما يتم إستخدام تقنية المجهر الإلكتروني النافذ لمعرفة شكل وحجم الجسيمات النانومترية المغلفة بالبروتين . و قد أظهرت النتائج وجود خلايا بكتيرية مع جسيمات السيلينيوم النانومترية المنتشرة في الوسط كما هو مبين في **الشكل (2–أ)**، حيث ظهرت عينة الحوكمة الغير مشعة أن الخلايا سليمة ذات أبعاد طبيعية بأشكالها القياسية و قد إحتوت على جسيمات نانومترية كروية منتظمة ذات سطح أملس تم تصنيعها داخل الخلايا وخارجها و قدر حجمها من 2.3 إلى 43.7 نانومتر كما ظهرت متكتلة بصورة طفيفة بعد إستخلاصها **(الشكل 2–ب)**. في حين أن الخلايا المشعة بـ 0.5 كيلوجراي بدت تواجه تحدياً لمحلول السيلينيت بعد التعرض للإشعاع. وكان ذلك واضحاً من خلال تغيير طفيف في مورفولوجيا الخلايا الميكروبية من خلال جدار الخلية الذي بدا غير منتظم والغشاء السيتوبلازمي بدا منفصلاً قليلاً **(الشكل 2–ج)**. ومن الملاحظ، أن جسيمات السيلينيوم النانومترية ظهرت بأشكال مختلطة من الكرات المستديرة، عصوية أو قضيبية ورقائقية تكتلت في مصفوفة بكتيرية من الجزيئات الحيوية والتى تراوحت في حجمها من 2.7 إلى 63.3 نانومتر **(الشكل 2–د)**.

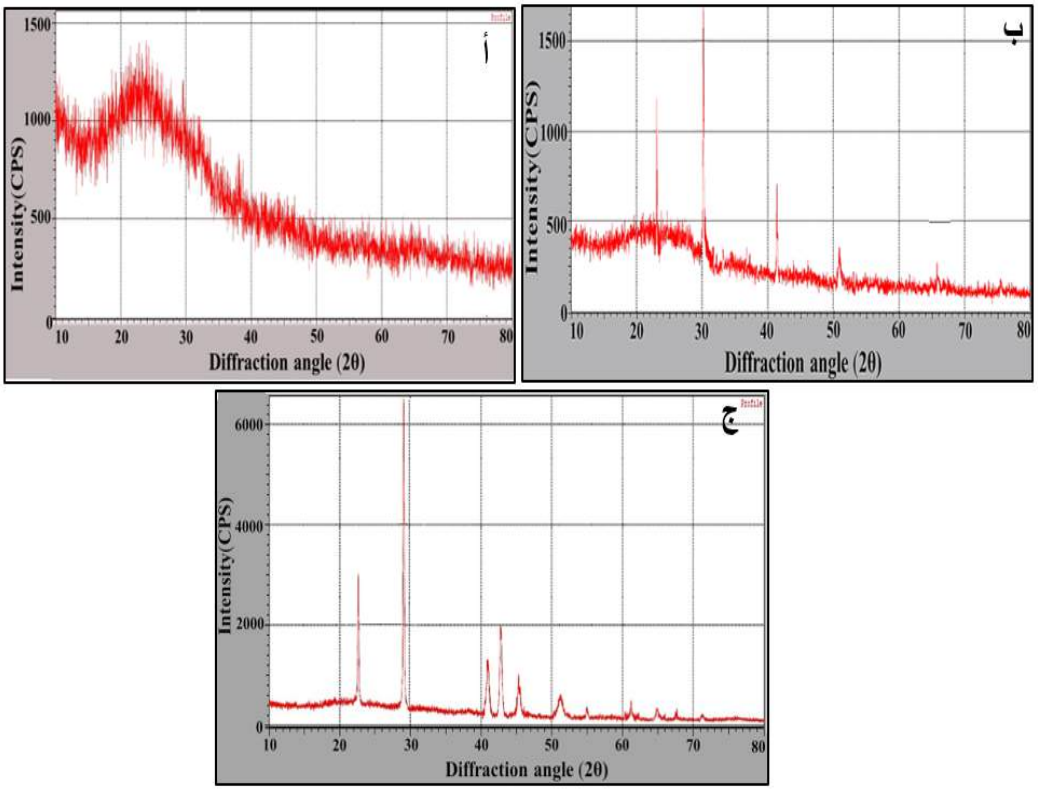


الشكل 2: صورة مجهرية للميكروسكوب الإلكتروني النافذ للخلايا *P. mirabilis* 10Bالمُصنّعة للجسيمات النانومترية (أ, ج,هـ) و كذلك جسيمات السيلينوم النانومترية بعد إستخلاصها من الخلايا (ب,د,و) تحت ظروف الغير معرضة للتشعيع و تحت ظروف التشعيع بجرعات 0.5 و 1 كيلوجراي.

ومن اللافت للنظر أن هذه الطبقة الرقيقة من الكيانات البكتيرية المرتبطة بالجسيمات النانومترية قد تلعب دور حاسم في تعزيز إستقرارها، مما يؤدي لاحقاً إلى تحسين نشاطها البيولوجي **(2,3)**. ومع ذلك، فإن المزيد من التعرض للإشعاع أدى إلى مزيد من الضغط والمزيد من الطفرات في

الخلايا. حيث وضح ذلك جليا في الشكل (**الشكل 2–هـ**). حيث وضحت أغشية الخلايا مفصولة بعمق عن جدارها، مع الحفاظ على قدرتها على تصنيع الجسيمات النانومترية في شكل عصوي أو قضيبي والتي ظهرت أكثر وفرة من الشكل الكروي مع تباين أعلى في الحجم و الذي تم تقييمه بواسطة الميكروسكوب الإلكتروني النافذ و الذي قدر ب 82.7 –164.4 نانومتر، حيث أنها قد تشكلت إلي أسلاك بأبعاد وصلت 555.7 نانومتر طولا و 1–2.3 نانومتر عرضا (**الشكل 2–و**). بشكل عام، نتائجنا تتنفق مع نتائج الدراسات الأخرى (**9**، **10**).

ت– الخصائص الهيكلية: كتقنية بسيطة وسريعة لتحديد مرحلة التبلور، تم إستخدام تحليل حيود الأشعة السينية حيث لوحظ في **الشكل 3–أ**، أن جسيمات السيلينيوم النانومترية التي تم تصنيعها تحت ظروف غير مشعة ظهرت ببنية غير متبلورة برتقالية اللون ذات سنام عريض عند زوايا 20 من 10–30، وقد إفتقرت إلى أي قمم حيود حادة. حيث أن الأشعة السينية الساقطة تتناثر في العديد من الإتجاهات مما يؤدي إلى تذبذب مستمر لخط الإشارة الموزع على نطاق كامل من 20 بدلاً من قمم أضيق عالية الكثافة. وبالإتفاق مع نتائجنا، ذكر (**9**) أن جسيمات السيلينيوم النانومترية الغير متبلورة عبارة عن غرويات برتقالية. ومن اللافت للنظر، أن المعالجات التشعيع بالجاما أدت إلى تبلور جسيمات السيلينيوم والإنتقال من البنية غير المتبلورة والغير منتظمة داخليا إلى البنية البلورية المنظمة داخليا ومحددة جيداً ذات أسطح مسطحة.



الشكل 3: مخططات حيود الأشعة السينية لجسيمات السيلينيوم النانومترية الغير متبلور, أحادي الميل و ثلاثي الزوايا الذي تم تصنيعه بواسطة *P. mirabilis* 10B تحت ظروف الغير معرضة للتشعيع (أ) وتحت ظروف التشعيع بجرعات 0.5 (ب) و 1 كيلوجراي (ج) على التوالي.

على وجه آخر، ظهرت جسيمات السيلينيوم النانومترية ذات اللون الأحمر والمصنعه بعد تشعيع الخلايا بجرعة 0.5 كيلوجراي بلورية ذات قمم حيود

متميزة عند قيمة 20 تبلغ 23.4° (100)، 30.5° (101)، 41.4° (111)، 51.0° (201) ، و66.2 °(210) **(الشكل 3–ب)** ، مما أكد تشكيل الطور البلوري أحادي الميل من ناحية أخرى، لوحظت عدة قمم ضيقة لجسيمات السيلينيوم النانومترية ذات اللون الأسود والمصنعة بتشعيع الخلايا بجرعة 1 كيلوجراي، والتي تم تصنيفها على إنها بلورية مثلثية. وقد سُجلت قمم الحيود بقيمة 20 عند °23.3، °29.5، °41.0، °43.5، °45.2، °51.53، °56.0، °61.3، °65.11، °67.95، و°71.75، وهو ما يتوافق مع إنعكاسات براغ لـ (100)، (110)، (110)، (102)، (111)، (201)، (112)، (202)، (210)، (211)، و (113) على التوالي **(الشكل 3–ج)**. يمكن القول، ببساطة أنه من خلال تغيير جرعة التشعيع، تم تحويل جسيمات السيلينيوم النانومترية من كرات نانومترية برتقالية اللون غير متبلورة إلى قضبان نانومترية بلورية أحادية الميل حمراء اللون وأسلاك نانومترية مثلثية سوداء اللون، وهو الشكل الأكثر إستقراراً من الناحية الديناميكية الحرارية. ومن المهم ذكر أن خصائص المادة بأكملها، مثل زيادة الثبات، وإرتفاع نقاط الإنصهار، وتعزيز الخصائص البصرية أو الكهربائية تتحسن بشكل واضح عند تواجد المواد في صورة بلورية مقارنة بالمواد غير المتبلورة ذات البنية غير المنتظمة.

ث– خصائص الشحنة السطحية: تم إستخدام طريقة حيود الليزر مع تقنيات التشتت المتعددة لدراسة إمكانات الزيتا وكذلك مؤشر التشتت المتعدد (PDI) وقد سجلت 29.4 – و24.2– و17.3– ملي فولت لغير المشعع والمشعع عند 0.5 و1 كيلوجراى على التوالي. وتعكس النتائج تنافراً كهروستاتيكياً كبيراً بين الجزيئات وحركة براونية، وبالتالي تقليل التكتل وإنخفاض معدلات الترسيب، مما يؤدي في النهاية إلى الإستقرار. وقد يعزى ذلك إلى وجود المجموعات الوظيفية السالبة الشحنة ذات الأصل البكتيري

مثل مجموعة الفوسفات وغيرها من المجموعات التي تتواجد في الأحماض الأمينية، الدهون الفوسفاتية والأحماض النووية والبروتينات. فيما يتعلق بـPDI، سجلت القيم 0.232 و0.379 و0.533 للعينة غير المشععة، والعينات المشععة عند 0.5 و1 كيلوجراى، على التوالي، مما يعني ضمناً أن جسيمات السيلينيوم النانومترية المنتجة تحت ظروف تشعيع 1 كيلو جراي كان لديه أدنى تشتت متجانس. حيث يمكن تفسير ذلك بأن حجمها الأكبر وشكلها الغير موحد وتكتلها أدي إلى بطء إنتشار الجسيمات وبالتالي إلى عدم التجانس وذلك بعكس جسيمات السيلينيوم المنتجة تحت ظروف تشعيع 0.5 كيلوجراي التى أوضحت نسبة لا بأس بها من الإستقرار والتشتت المتجانس.

بناءً على جميع التحليلات السابقة، إقترحت هذه الدراسة نموذجاً لتخليق جسيمات السيلينيوم النانومترية عبر P. mirabilis 10B من خلال إختزال السيلينيت بواسطة الجزيئات الحيوية البكتيرية مثل NADH وإنزيم اختزال النترات/ سيلينات المعتمد على NADH. حيث تقوم هذه الكيانات كعامل مختزل وأيضًا كعامل تغطية في تكوين بنى نانومترية مستقرة من الناحية الديناميكية الحرارية. ومع ذلك، فإن تحول الجسيمات الغير متبلورة إلى المرحلتين البلوريتين أحادية الميل والثلاثية عند تعرض الخلايا المنتجة للتشعيع بجرعات مختلفة، يمكن تفسيره من خلال الطفرة الناجمة عن تشعيع جاما والتي أثرت على الحمض النووي وبالتالي البروتينات التي تساهم بشكل رئيسي في عملية التصنيع والتغليف. حيث تفاعلت هذه البروتينات مع جزيئات السيلينيت وإختزلتها إلى ذرات السيلينيوم التي تعمل بعد ذلك كنواة وتنمو في الحجم خلال عملية نضج أوستفالد (Ostwald ripening)

ثم تندمج الجسيمات الكروية الأصغر لتشكل جزيئات أكبر، والتي تنمو في الحجم وفقاً لقانون جيبس–تومسون (Gibbs Thomson law)، مشكلة في النهاية الشكل العصوي والقضيبي والرقائقي وحتى السلكي الذي تميز به الشكل البلوري ثلاثي الزوايا. وبالتالي، أظهرت هذه الدراسة دور البروتينات المعدلة بإشعاع جاما في تحديد ليس فقط شكل وبلورية الجسيمات النانومترية ولكن أيضاً تطبيقاتها المستقبلية.

3- تطبيق جسيمات السيلسنيوم النانومترية المُعدة بيولوجيا

أ- نشاط مضادات الميكروبات: بالنظر إلى تفشي التلوث الميكروبي في العديد من القطاعات، وخاصة مع الزيادة اليومية في الكائنات الحية الدقيقة المقاومة للأدوية المتعددة، تناولت الدراسة الحالية النشاط المضاد للميكروبات لجسيمات السيلينيوم النانومترية بأشكاله المختلفة ضد أجناس ميكروبية مختلفة بتراكيز (100، 200 و300 ملغم / مل). تم تقييم تثبيط النمو من خلال إختبار التعكر في وجود مؤشر الريسازورين الذي يتغير لونه من الحالة الزرقاء إلى الحالة الوردية مشيراً إلى التمثيل الغذائي الميكروبي، وبالتالي النمو. تبعاً للبيانات الواردة في **الجدول 1** لوحظ أن الإنخفاض في النمو الميكروبى الناجم عن المعاملات النانومترية تحت الإختبار حدث بطريقة تعتمد على الجرعة. كما أظهرت النتائج أن جسيمات السيلينيوم النانومترية الحمراء أحادية الميل الناتجة عن التشعيع بجرعة 0.5 كيلو جراي لها نشاطاً متفوقاً هاماً ($P < 0.05$) فى قمع النمو الميكروبى يفوق نظائرها من تلك غير المتبلورة و ثلاثية الزوايا و ذلك بناءً على التحليل الإحصائي للبيانات بإستخدام ANOVA. والجدير بالذكر أن

نوع جسيمات السيلينيوم النانومترية (ملي جرام/مل)	نسبة التثبيط ٪								
	الغير متبلور برتقالي اللون			أحادي الميل اللون أحمر			ثلاثي الزوايا أسود اللون		
نوع الميكروب الممرض	100	200	300	100	200	300	100	200	300
K. pneumonia (ATCC 13883)	23.48± 2.5**	38.15 ±3.5**	57.12 ± 1.8**	28.11 ± 2.2 **	45.45 ± 3.1**	68.11 ± 1.9***	0	3.15 ± 0.8*	14.26 ± 2.1*
B. cereus (ATCC 33019)	40.56 ± 3.7**	73.17 ± 3.5**	94.25 ± 2.4***	51.16 ± 1.3**	96.18 ± 2.1***	0	0	18.19 ± 1.1	26.12 ± 1.7*
C. albicans (ATCC 10231)	18.12 ± 0.8**	24.16 ± 1.1**	41.68 ± 2.6*	23.33 ± 3.1**	32.16 ± 2.1**	56.08 ± 1.8***	0	0	20.74 ± 2.1*
العامل المختبر	نسبة القوة التطهيرية لجسيمات السيلينيوم النانومترية (٪) (500 مل جرام/مل)								
	الغير متبلور برتقالي اللون			أحادي اللون أحمر الميل			ثلاثي الزوايا أسود اللون		
العد الكلي البكتيري	43.53 ± 3.6**			71.77 ± 2.3***			20.18 ± 1.6*		
العد الكلي للقولونيات	56.32 ± 1.2**			88.36 ± 2.1***			25.19 ± 1.8*		

الجدول 1: النشاط المضاد للميكروبات وفعالية التطهير لجسيمات السيلينيوم النانومترية الغير المتبلورة وأحادي الميل والثلاثي الزوايا.

ب– تطهير عينة مياه الصرف الصحي: إن التلوث الميكروبي للبيئة المائية يهدد جودة المسطحات المائية وحالتها الصحية. ويعد إستخدام الجسيمات النانومترية حلاً بديلاً واعداً للطرق التقليدية. لذلك، تم إختبار القوة التطهيرية لجسيمات السيلينيوم النانومترية الثلاثة المُعده في هذه الدراسة بتركيز (500 مجم / مل)، كتقنية خضراء لتقليل كثافات الكائنات الحية الدقيقة في عينة مياه الصرف الصحي. كما هو موضح في **الجدول (1)**، أظهرت النتائج أن الجسيمات أحادية الميل الحمراء كفاءة أعلى في خفض الحمل الميكروبي سواءً العد البكتيرى الكلى أو عد القولونيات الكلى عند مقارنتها بتلك الغير متبلورة والمُنتجة بدون تشعيع، على الرغم من كونها أصغر في الحجم ولها تجانس أعلى وتشتت أحادي، وقد يعزى ذلك إلى مورفولوجية الجسيمات أُحادية الميل. حيث يمكن أن يكون وجودها على شكل قضيب/عصي صغير بمثابة سكاكين نانومترية تعمل على تكسير أسرع وأكثر خطورة في

جدار الخلية الميكروبية وبالتالي تسهيل وتسريع عملها. كما أن مساحة السطح الأكبر المرتبطة بالحجم المتناهي الصغر والتشتت الأحادي مع عدم وجود تكتل يعتبر السبب الرئيسي في إرتفاع القدرة العدائية للجسيمات أحادية الميل عن تلك ثلاثية الزوايا، مما يؤدي لاحقاً إلى معدل إطلاق أسرع لأيونات السيلينيوم ومن ثم الإلتصاق بشكل أكثر إحكاماً بالخلايا الميكروبية وفي النهاية تحفيز السمية الخلوية (3,8) وبالرغم من ذلك، فإنه يمكن إستغلال أسلاك السيلينيوم النانومترية والمُنتجة تحت ظروف تشعيع 1 كيلوجراي مستقبلياً في التحفيز الضوئي وخلايا الوقود والخلايا الشمسية.

بصورة عامة، لدى الجسيمات النانومترية طريقة غير محددة في إظهار تأثيرها المضاد للميكروبات، وتبدأ سميتها عن طريق تمزق جدار الخلية، وتناقص سلامة الغشاء وتوليد إختلال التوازن الأسموزي .كما يحدث إطلاق متزايد للأيونات المعدنية داخل الخلايا في عملية تسمى آلية حصان طروادة. وهذا يسبب الإجهاد التأكسدي الهائل وتوليد شوارد حرة، مثل الهيدروكسيل، وجذور الأكسيد الفائق والأكسجين المفرد والذي يؤدي إلى الموت المبرمج للخلايا عبر مسارات متتالية بما في ذلك إزالة بلمرة السكريات، أكسده الدهون، تثبيط نشاط الحمض النووي وتغير كامل في البنية التوافقية للجزيئات الحيوية.

الإستنتاج

يوضح هذا العمل، ولأول مرة، قدرة P. mirabilis 10B على تحمل جرعات مختلفة من تشعيع جاما، وتعديل مادته الوراثية وتغيير نظام آليته الإنزيمية لتخليق جزيئات سيلسنيوم نانومترية بأشكال مختلفة، في نهج بسيط ومتوافق حيوياً وصديق

للبيئة. حيث تم تأكيد تخليق هذه الجسيمات النانومترية بواسطة العديد من تقنيات توصيف المواد. علاوة على ذلك، تم تقييم نشاط المبيد الحيوي لجميع الأنواع المصنعة ضد عدد من مسببات الأمراض الميكروبية (إيجابية الجرام، سلبية الجرام، الخميرة). وأيضاً في تطهير مياه الصرف الصحي. وقد عكست النتائج الكفاءة القوية للجسيمات الحمراء أحادية الميل التي تنتجها المعالجة بالتشعيع عند جرعة 0.5 كيلوجراي والتي يمكن إستغلالها لمواجهة العديد من التحديات في مختلف المجالات كبديل آمن للمعادن النبيلة النادرة والمكلفة مثل الذهب والفضة والبلاتين وإلخ.

م. الطراهوني
قسم التكنولوجيا الحيوية البيئية، معهد بحوث الهندسة الوراثية والتكنولوجيا الحيوية الإسكندرية، مصر

ج. عبد العزيز
قسم المركبات المرقمة، مركز المعامل الحارة، هيئة الطاقة الذرية المصرية

References

1. Al Jahdaly *et al.,* Selenium nanoparticles synthesized using an eco-friendly method: dye decolorization from aqueous solutions, cell viability, antioxidant, and antibacterial effectiveness. Journal of materials research and technology. 2021, 11:85-97.
2. Arafa FM *et al.*Biogenic selenium nanoparticles: trace element with promising anti-toxoplasma effect. Pathogens and Global Health. 2023, 6:1-6.

3. Eltarahony M. *et al.,* Unveiling the role of novel biogenic functionalized CuFe hybrid nanocomposites in boosting antimicrobial and biosorption activities. Sci. Rep. 2021, (1):7790.
4. Chouchane H, *et al.,* Effect of gamma irradiation on enhanced biological activities of exopolysaccharide from Halomonas desertis G11: Biochemical and genomic Insights. Polymers. 2021, 13(21):3798.
5. Wang XB *et al.,* Effects of gamma radiation on microbial, physicochemical, and structural properties of whey protein model system. Journal of dairy science. 2018, 101(6):4879-90.
6. Zaki SA et al., Disinfection of water and wastewater by biosynthesized magnetite and zerovalent iron nanoparticles via NAP-NAR enzymes of Proteus mirabilis 10B. Environ. Sci. & Poll. Res. 2019, 26:23661-78.
7. Al-Hagar OE *et al.,* Bacillus niabensis OAB2: Outstanding bio-factory of selenium nanoparticles. Materials Chemistry and Physics. 2021, 273:125147.
8. Saied E. *et al.,* Aspergillus terreus-Mediated Selenium Nanoparticles and Their Antimicrobial and Photocatalytic Activities. Crystals. 2023, 13(3):450.
9. Sarkar J. *et al.,* Mycosynthesis of selenium nanoparticles. Micro & nano letters. 2011, 6(8):599-602.
10. Ramachandran T. *et al.,* Synthesis and Structural Characterization of Selenium Nanoparticles–Bacillus sp. MKUST-01 Exopolysaccharide Conjugate for Biomedical Applications. Biomed.2023, 11(9):2520.

11. Filipović N. *et al.*, Comparative study of the antimicrobial activity of selenium nanoparticles with different surface chemistry and structure. Frontiers in bioengineering and biotechnology. 2021, 8:624621.

12. Zan L, Wang C. Mediated by tea polypeptides: A green synthesis approach for selenium nanoparticles exhibiting potent antioxidant and antibacterial properties. International Journal of Food Properties. 2023, 26(1):1797-814.

13. Dwivedi S. *et al.*, Biomimetic synthesis of selenium nanospheres by bacterial strain JS-11 and its role as a biosensor for nanotoxicity assessment: a novel Se-bioassay. PloS one. 2013, 8(3):e57404.

14. Jain RO. *et al.*, Biogenic selenium nanoparticles: production, characterization and challenges. Nanobiotechnology. Studium Press LLC, USA. 2014:361-90.

التداخل والعلاقة بين الأمان والأمن والضمانات النووية: أوجه التعاضد والتضارب

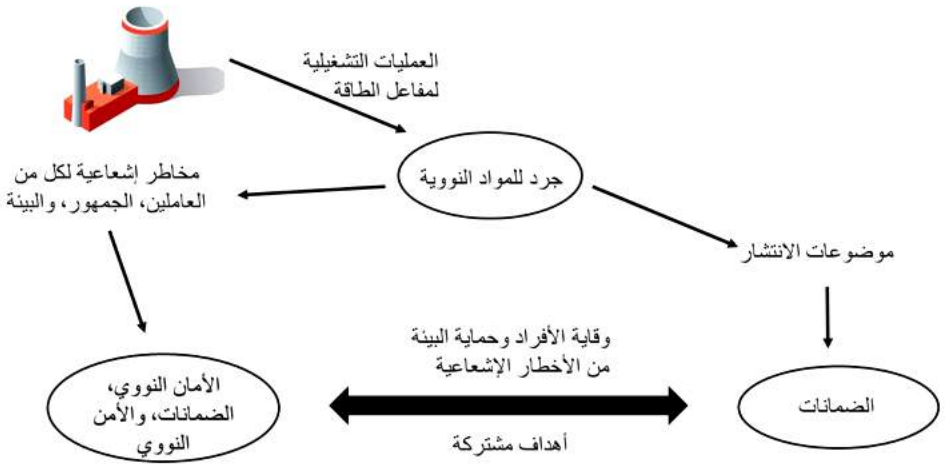
Abstract

Safety and security of nuclear materials or facilities have in common the aim of protecting individuals, the public, and the environment from harmful effects of ionizing radiation. While the objective of the nuclear safeguards and physical protection of nuclear material -deterrence, detection, delay and response- is to prevent diversion of nuclear materials and technologies that could be used to proliferate nuclear weapons and to reduce the vulnerability of nuclear materials and facilities to theft sabotage and terrorist attacks, respectively. The challenging interface issues and areas of cooperation between these three interrelated disciplines - safety, security, and safeguards (3S) - are an important aspect for nuclear regulators and stakeholders.

The main challenge in this regard is that the 3S requirements must be designed and implemented in an integrated manner to ensure security measures do not compromise nuclear safety and nuclear safety measures do not negatively affect security. To address this challenge, the potential for conflicts and opportunities for synergy among the elements of 3S must be identified.

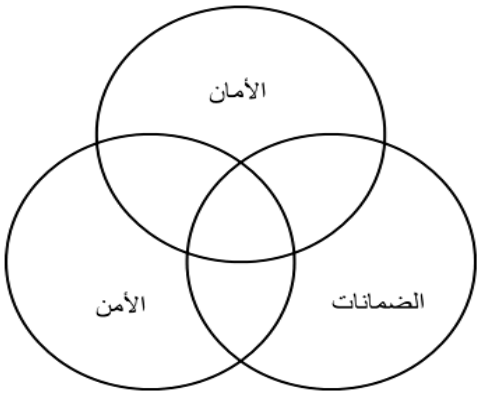
مـــــقـــــدمة

تتمتع الطاقة النووية بعدة ميزات عن أشكال الطاقة الأخرى، وخاصة طاقة الإحتراق الحراري (الفحم والغاز والنفط)، من حيث الحد من الآثار الصحية والبيئية الضارة، وإنبعاثات غازات الدفيئة، وتكرار أعداد الحوادث الكبرى والعواقب ذات الصلة، وإنتاج الطاقة النوعي أي (الطاقة لكل كتلة من الوقود) فهي أعلى بكثير من الأنواع الأخرى من محطات الطاقة. فعلى سبيل المثال، تعادل الطاقة الكهربائية المنتجة من 10 جرام من ثاني أكسيد اليورانيوم تلك التي يتم الحصول عليها من حوالي 1100 م^3 من الغاز، 900 دسم^3 من النفط، أو 5 طن من الفحم. ولكن من أهم السلبيات الرئيسية للطاقة النووية هي التعامل مع النفايات المشعة وطرائق التخلص منها لاحقًا، إضافة إلى حاجة المفاعلات النووية إلى العديد من إجراءات الأمان والضمانات لضمان عدم تسرب المواد النووية والإشعاعية، وتعرض الأفراد (العاملين والجمهور) للأشعة المؤينة. ويوضح الشكل (1) خصوصية محطات الطاقة النووية.



الشكل 1: خصوصية الطاقة النووية

يستمر الطلب/ الإستهلاك العالمي للطاقة التجارية (الوقود الأحفوري) في الإرتفاع سواء في البلدان المتقدمة أو الناشئة. وتعد كيفية تزويد العالم بإمدادات من الطاقة المستدامة من أهم القضايا الملحة على الصعيد العالمي في الوقت الراهن. وعلى الرغم من هيمنة الوقود الأحفوري على صعيد توليد الطاقة، فإنه يمكن للطاقة النووية أن تشكل جزءاً من الحل. ولكن في الوقت ذاته، سيؤدي الإعتماد المتزايد على الطاقة النووية إلى إثارة قلق المجتمع الدولي بشأن الأمان، والأمن، والموثوقية، والتداعيات على نظام عدم الإنتشار النووي. ولذلك، فإن عرض آليات الأمان، والأمن والضمانات النووية (التي يرمز لها باللغة الانكليزية بـ S3) بطريقة تتسم بالكفاءة والفعالية سيتطلب تحقيق التوازن بين الإستخدام السلمي للطاقة النووية وعدم الإنتشار طوال دورة حياة محطة الطاقة النووية والأنشطة ذات الصلة. ومن المرجح أن تشمل الزيادة في برامج الطاقة النووية بناء مجموعات متنوعة من المنشآت النووية التي يمكن أن تصبح أهدافاً محتملة جديدة للأعمال الخبيثة وللأفراد التي قد تشكل أفعالهم خطراً على هذه المنشآة. فقد أضحى إستخدام المواد النووية لصنع جهاز متفجر نووي بدائي، أو صنع جهاز تشتيت إشعاعي (القنابل القذرة) من قبل الجماعات المسلحة، والإرهابية، والمجموعات الخارجة عن القانون قضية أمنية رئيسية. بالإضافة إلى ذلك، أصبحت الحماية المادية ضد السرقة أو الإستخدام غير المصرح به للمواد النووية وضد تخريب المواد والمنشآت النووية من قبل أفراد أو مجموعات من الأشخاص مسألة تثير قلقاً متزايداً على المستوى الوطني والدولي. ولذلك، فإن تعزيز فهمنا لمبدأ الـ S3 سيكون ضرورياً من أجل إنشاء أساس مستقر يمكن من خلاله تنفيذ برامج الطاقة النووية وإستدامتها بنجاح والحفاظ على قبولها من قبل الجمهور. مع الأخذ في الحسبان أنه على الرغم من أن الأمان قد حظي بالأولوية القصوى في الصناعة النووية، إلا أن خطر إطلاق المواد النووية أو الإشعاعية في البيئة بسبب عطل غير مقصود في المفاعل أو في التطبيقات الطبية، أو أثناء التخزين أو نقل الوقود النووي المستنفذ يمكن لها أن تحدث. يوضح الشكل 2 كيفية التداخلات والتقاطعات المحتملة بين مكونات الـ S3 ضمن مخطط Venn وفقًا لـ .Sanders et al.



الشكل 2: التقاطعات والتداخلات بين الأمان، الأمن، والضمانات النووية (S3)

الأمان، الأمن، والضمانات النووية

طالما كان الأمان والأمن والضمانات والتكنولوجيا النووية مصدراً رئيسياً للإهتمام على المستوى العالمي، إذ يتوجب إيلاء هذه الجوانب الثلاثة الإعتبار المتأني عند التحدث عن توليد الطاقة النووية بغرض التخفيف من المخاطر وحل المشاكل فيما يتعلق بالـ S3. لقد حظي الأمان بالإهتمام العالمي أولاً، وتم تبنيه بشكل منهجي، تلاه في ذلك الضمانات النووية، بينما بقي الأمن النووي إلى حد ما محصوراً ضمن مفاهيم الأمان ومنع الإنتشار النووي، إلى أن أصبح التعامل معه كمفهوم مستقل لاحقاً.

1- الأمان النووي:

وفقًا لقاموس مصطلحات الأمان والأمن الصادر عن الوكالة الدولية للطاقة الذرية، يعرف الأمان النووي على أنه "تحقيق ظروف التشغيل المناسبة، ومنع الحوادث والتخفيف من عواقبها، مما يؤدي إلى وقاية العاملين والجمهور وحماية البيئة

من المخاطر الإشعاعية غير المبررة". وبالتالي، فإن المبدأ الأساسي لتنظيم الأمان هو وقاية العاملين والجمهور وحماية البيئة من المخاطر الإشعاعية وغيرها الناجمة عن تشغيل محطات الطاقة النووية أو المنشآت النووية خلال جميع مراحل دورة حياتها، وكذلك أثناء التخزين والنقل وإستخدام المواد المشعة بما في ذلك الوقود النووي المستنفذ والنفايات المشعة. وفي الوقت عينه، يعد الأمان على أنه الإلتزام بحدود التعرض الإشعاعي لكل من العاملين والجمهور والبيئة، والإلتزام بالقوانين والقواعد ومعايير الأمان المعمول بها. كما يتعلق الأمان النووي بكل من المخاطر الإشعاعية أثناء ظروف التشغيل العادية وتلك الناشئة عن الحوادث بسبب فقدان التحكم بتشغيل المفاعل النووي، التفاعل المتسلسل، المصدر المشع أو أي مصدر أشعة آخر. وبناء عليه، تعد شفافية المعلومات الهدف الأساسي للأمان، ومشاركة التغذية الراجعة حول الخبرات، بغاية منع تكرار وقوع الحوادث في إحدى محطات الطاقة النووية في محطات أخرى. وتبعا لـ Endo، يمكن أن يتحقق الأمان النووي من خلال التركيز على أمان تصميم المحطة وتشغيلها، وأمان تداول المواد، والأمان لمنع التعرض الإشعاعي، والأمان للحيلولة دون وقوع الحوادث الحرجة.

وعلى غرار أي مؤسسة صناعية أخرى، فإن مخاطر الأمان متأصلة في كل عنصر من عناصر الصناعة النووية أي: تعدين اليورانيوم، وإعادة المعالجة، والتحويل، وتوليد الطاقة، وإدارة النفايات، وحتى في مرحلة الإخراج من الخدمة. وتركز تقييمات الأمان على المخاطر الناشئة عن الأحداث غير المقصودة الناجمة عن الظواهر الطبيعية (الزلازل، أو التسونامي، أو الأعاصير، أو الفيضانات)، أو الخلل في الأجهزة الداخلية (الحرائق، أو كسر الأنابيب، أو إنقطاع إمدادات الطاقة الكهربائية)، أو الأخطاء البشرية (التطبيق الخاطئ للإجراءات، أو المصفوفة غير الصحيحة للدارات). وبالخلاصة، يتضمن الأمان النووي تصميم، وبناء وتشغيل المنشآت النووية لوقاية العاملين، أو الجمهور، أو حماية البيئة من الإطلاق العرضي

للمواد المشعة. كما يتضمن المسؤولية للإستجابة الفعالة لحادث من أجل الحد من العواقب الإشعاعية وغيرها من العواقب (الطوارئ النووية أو الإشعاعية).

2– الأمن النووي:

غالبًا ما يتم، في منشورات الوكالة الدولية للطاقة الذرية، إختصار مصطلح "الأمن النووي" إلى مصطلح "الأمن". ومع ذلك، فإن التعريف العملي للأمن النووي، وفقًا لقاموس مصطلحات الأمان والأمن الصادر عن الوكالة الدولية، هو "منع وكشف والرد على الأعمال الإجرامية أو المتعمدة غير المصرح بها التي تنطوي على أو تستهدف المواد النووية، المواد المشعة الأخرى، أو المنشآت أو الأنشطة المرتبطة بها". وبعبارة أخرى، يمكن وصف الأمن النووي بأنه إستجابات معينة لأربعة تهديدات رئيسية وهي:

(1) سرقة المواد النووية.

(2) الأجهزة المتفجرة النووية المصنعة بإستخدام المواد النووية المسروقة.

(3) تشتت أجهزة المواد المشعة (القنابل القذرة).

(4) تخريب أو تدمير منشآت الطاقة النووية أو المواد المشعة أثناء النقل.

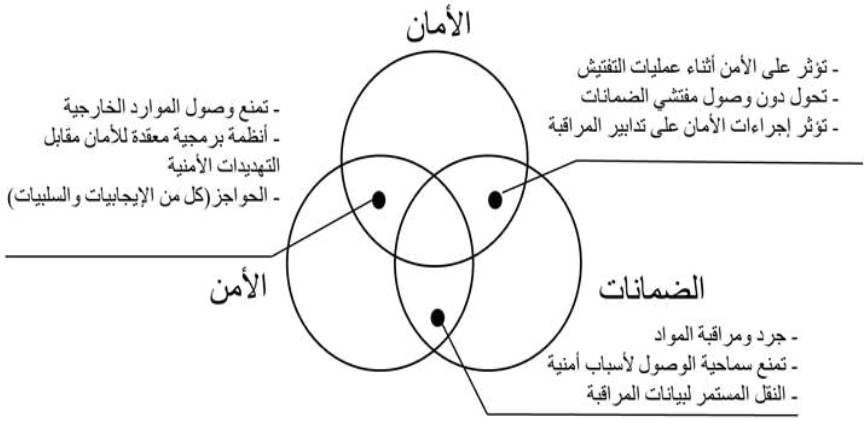
وهناك نوع آخر يمكن أن يعرف على أنه كارثة أمنية مركبة، حيث يقوم الخصوم الإنتهازيون بتوقيت نشاطهم الخبيث للإستفادة من الكوارث الطبيعية التي تضعف من أنظمة الأمن النووي. (على سبيل المثال، أظهر إنهيار مفاعل فوكوشيما الحاجة إلى التخطيط لمثل هذه المخاطر النووية المركبة).

3– الضمانات النووية:

بما أن إستخدام التقنيات والبنية التحتية والمواد المستخدمة في التطبيقات المدنية هي ذاتها في برنامج التسليح النووي، فإن فرص تحويل هذه التقنيات أو سوء

إستخدامها تكون دائماً محل مخاوف. ولذلك تهدف تدابير الضمانات النووية إلى منع تحويل التكنولوجيا والمواد النووية لأغراض صنع الأسلحة النووية. وفقًا لقاموس مصطلحات ضمانات الوكالة الدولية للطاقة الذرية، تُعرّف الضمانات النووية بأنها "الوسيلة الفنية التي تتحقق من خلالها الوكالة الدولية للطاقة الذرية من تعهدات الدول بموجب إتفاقيات الضمانات والبروتوكولات الملحقة بها". تشكل معاهدة منع إنتشار الأسلحة النووية (NPT) والوكالة الدولية للطاقة الذرية جوهر نظام منع الإنتشار الذي يبحث في قضايا الضمانات النووية. ومع ذلك، يواجه النظام العالمي لمنع الإنتشار اليوم ثلاثة تحديات معقدة وهي: الإلزام، أزمة الثقة، والتحدي الثالث الذي يرمز له بالإنكليزية (3T) ويتضمن السرقة، والإتجار، والإرهاب. وبالتالي، يمكن النظر إلى كل من الضمانات النووية بكونها تعنى بـ "السلام"، والأمان النووي بكونه يعنى بـ "الأمان"، والأمن النووي على أنه يشمل كلا من "السلام" و"الأمان". بعبارة أخرى، يركز الأمن النووي على منع سرقة المواد النووية التي يمكن إستخدامها لصنع أسلحة نووية أو أجهزة متفجرة نووية، وكشفها، والإستجابة لها (وبالتالي، يرتبط بـ "السلام")، أي أن الأمن النووي يعنى بنوايا الإرهابيين الخبيثة، بينما تستهدف الضمانات النووية بشكل أساسي الجهات الحكومية، ويغطي الأمان النووي الظواهر الهندسية، ولكن جميعها تهدف في النهاية إلى ضمان طاقة نووية آمنة ومأمونة (الشكل 3).

	التهديد	العواقب	المسؤولين
الأمان	خطأ في النظام، خطأ بشري، أو كوارث طبيعية	إطلاق مواد مشعة من الأنشطة المرخصة	المشغلين، والمهندسين، ومديري الأمان، والاختصاصين
الأمن	التخريب، الهجوم الخارجي، أو أفعال خبيثة داخلية	سوء الاستعمال المتعمد للمواد المشعة	أفراد الأمن
الضمانات	التحويل أو سوء الاستخدام	حيازة الأسلحة النووية	الوكالة الدولية، السلطات الرقابية، منشآت الطاقة النووية الخاضعة للضمانات



الشكل 3: التداخلات والتقاطعات الوظيفية بين الأمان، الأمن، والضمانات النووية (3S)

الأمان النووي، الأمن النووي التعاضد/التضارب

يمكن لإحتياجات الأمان والأمن النووي أن تتعاضد أو تتضارب مع بعضها البعض خلال العمر التشغيلي لأي منشأة نووية. وتجدر الإشارة إلى أن الحوادث النووية أمر لا يمكن تفاديه بالمطلق، أي لا يوجد ما يدعى "بالأمان المطلق". وفي المقابل، يمكن للتدابير الأمنية أن تتقادم مع مرور الزمن، وإساءة إستخدام التكنولوجيا أمر لا مفر منه. إن تحقيق الأمان عمل شاق ومضني ويترتب عليه إلتزام يتطلب يقظة مستمرّة من الجميع. فالمخاطر بحد ذاتها متأصلة في كل نشاط صناعي، بما في ذلك النشاط النووي، ولكن من الممكن الحد من المخاطر الأمنية ومخاطر عدم الإنتشار، ومخاطر الأمان المتعلقة بالنشاط النووي لدرجة كبيرة من خلال تقنيات الإدارة المناسبة إلى الحد الذي يمكن أن تتفوق فيه الفوائد على المخاطر الكامنة.

تعزز الإجراءات في مجال الأمان التدابير في مجال الأمن. فعلى سبيل المثال، يعمل هيكل الإحتواء لمحطة الطاقة النووية كحاجز أمام منع إنتقال المواد الإنشطارية

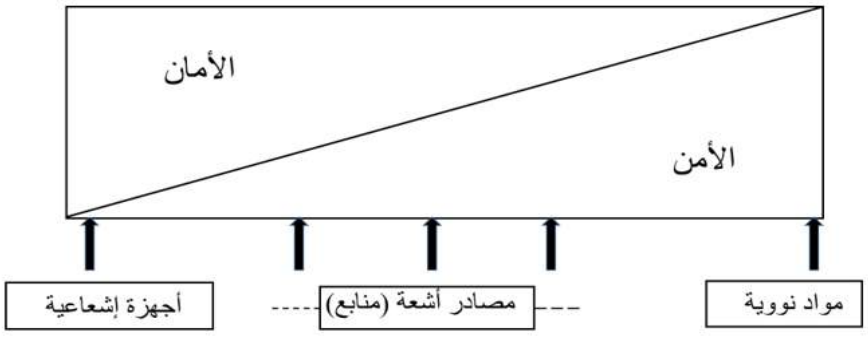
أو المواد المشعة من المفاعل إلى البيئة في حالة وقوع حادث (الأمان). كما يمكن أن يشكل هيكل الإحتواء درعا قوياً يحمي المفاعل من أي هجوم إرهابي من جهة، أو يحمي المكونات النووية داخل المحطة من خطر التعرض للصواريخ، والطائرات، من جهة أخرى (الأمن). في حين أن التدابير أو الإجراءات في مجال الأمان قد تتضارب مع الإجراءات في مجال الأمن. إذ يمكن للحواجز ذات الطبيعة الأمنية أن تحد من الوصول السريع بغرض الإستجابة لحدث يتعلق بالأمان (مسؤولي الأمان والمستجيبين الأوائل للطوارئ)، أو يمكن لها أن تعيق عملية إخلاء المنشأة من العاملين في حالات الطوارئ. وتكمن الإختلافات الرئيسية بين الأمان والأمن في كون تدابير الأمان شفافة وتشجع بقوة على إتباع ثقافة المراجعة المفتوحة للأخطاء السابقة، بينما يعتمد الأمن على سرية المعلومات والتي قد تكون مهمة لخصم محتمل، ويعمل على الحد من الوصول إلى المناطق الحيوية في المنشآت النووية. وبنفس الطريقة، تعتبر بعض الضمانات سرية، في حين أن الأمن النووي، بحكم طبيعته، يتطلب الحفاظ على السرية، وبالتالي، فهو غير مناسب للكشف العلني، كما يتم غالبا التركيز على السيادة فيما يتعلق بالأمن النووي وفي مجال أمن المعلومات. لذلك حتى الآن، "لم يلعب تبادل المعلومات ومراجعات النظراء دوراً كبيراً في نظام الأمن النووي"

1- نماذج الأمان والأمن:

من المسلم به إلى حد كبير مقولة أن "الأمان هي إبعاد مصادر الأشعة عن الأفراد، بينما الأمن هو إبعاد الأفراد عن مصادر الأشعة". ويختلف مفهوم "الأفراد" في كل حالة، فالأفراد في المقولة الأولى هم أفراد الجمهور العاديون، بينما في الثانية هم أصحاب النوايا الخبيثة. وهناك العديد من النماذج الممكنة التي تظهر العلاقة بين الأمان والأمن، ونشير هنا إلى نموذجين وهما:

أ- **النموذج المستمر لأمان وأمن مصادر الأشعة:** يفترض النموذج المستمر بأنه لا توجد حدود محددة، بل حدود متغيرة بشأن التداخل بين

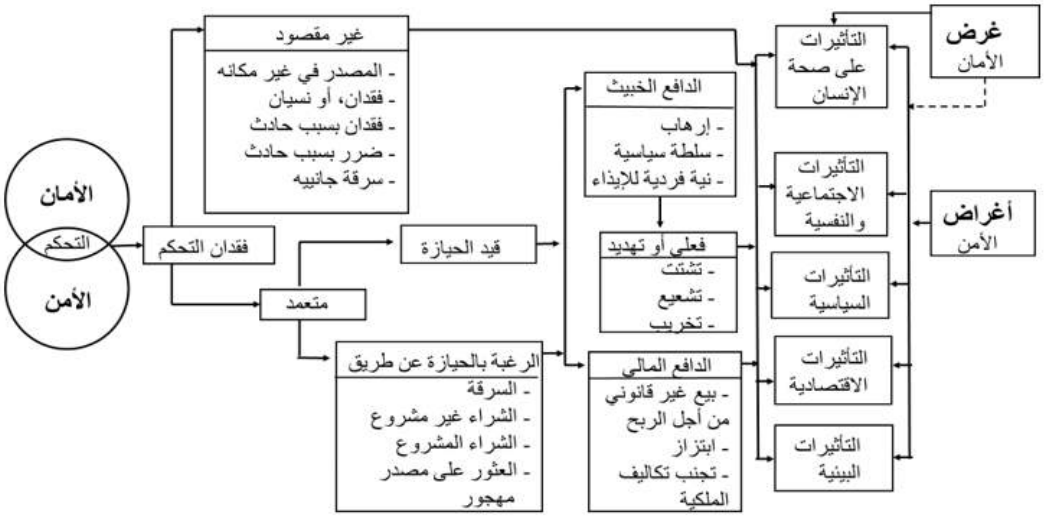
الأمان والأمن بما يخص مصادر الأشعة المختلفة. وهذا موضح في الشكل 4 حيث يمكن ملاحظة أن مصادر الأشعة المولدة كهربائياً، مثل أجهزة الأشعة السينية، تمثل إلى حد كبير مسألة تتعلق بالأمان مع وجود مكون أمني ضئيل، إذ لا ينبغي إستبعاد الإستخدام الخبيث لمولد أشعة نقال لتوجيه الأشعة إلى الضحية (خيار غير مغري للإرهابيين بسبب طبيعته الضيقة). وعلى المقلب الآخر، فإن المخاوف الأمنية لمراقبة المواد النووية، وخاصة تلك المعدة لصنع الأسلحة، أكبر بكثير من أي مخاوف تتعلق بصحة الأفراد وسلامتهم. وتعمل مصادر الأشعة (المنابع) على سد الفجوة بين الحالتين المذكورتين أعلاه، حيث تتمتع مصادر الأشعة الأكثر "رغبة" من منظور الإستخدام الخبيث، مثل المنابع من الفئتين 1 و2، بأهمية أمنية أكبر مقارنة مع المنابع من الفئات الأخرى (الفئات 3، 4، أو 5). ومع ذلك، يظل هذا النموذج قاصرا إذ لا يقدم الصورة الكاملة، فهناك بعض من مصادر الأشعة ذات مخاطر إشعاعية بحدودها الدنيا (المنابع من الفئة 5) بحيث تكون مكونات الأمان والأمن الخاصة بها صغيرة جدًا.



الشكل 4: النموذج المستمر للعلاقة بين أمان وأمن مصادر الأشعة المختلفة

ب- النموذج الشامل: يتمحور الهدف الرئيسي المشترك لكل من الأمان والأمن، وهو أمر ضروري لتحقيق أهدافهما النهائية، في منع فقدان القدرة على التحكم. وينبغي الإعتراف بأن فقدان القدرة على التحكم يمكن أن يكون ناجما عن أحداث غير مقصودة أو مقصودة. وعادةً ما ينجم فقدان القدرة على التحكم غير المقصود عن الإهمال، من خلال وضع مصادر الأشعة في غير موضعها، أو فقدانها، أو نسيانها، أو من خلال الحوادث إذ يؤدي فقدان المصدر أو تلفه مع إنطلاق المواد المشعة من داخله، أو من خلال السرقة الجانبية (السرقة الجانبية عندما لا تكون سرقة المصدر هي الهدف الأساس ولكنها نتجت بشكل عرضي. فعلى سبيل المثال، سرقة المركبة أو مادة التدريع التي تحتوي على مصدر الأشعة). ويبين الشكل 5، أن الدافعين لإنتهاك القدرة على التحكم على المصادر بشكل مقصود هما إما مالي أو خبيث، ويمكن أن يتم ذلك سواء من قبل المرخصين أنفسهم الذين يمتلكون مصادر أشعة، أو من قبل أولئك الذين يرغبون في الحصول عليها للأغراض الخبيثة. علما بأنه يمكن حيازة مصادر الأشعة إما عن طريق السرقة، أو الشراء غير القانوني، أو الشراء القانوني، أو إحتمال العثور على مصدر مشع مهجور. يوضح النموذج الشامل عددا من النقاط وهي: أولاً، لا يهتم المتخصصين في مجال الأمان بفقدان التحكم غير المقصود فقط، وإنما لديهم مصلحة بمتابعة أحداث فقدان التحكم المقصودة والخبيثة، نظراً لأن هذه الأحداث يمكنها أن تؤدي إلى ضرر بشري. ثانياً، لدى المتخصصين في مجال الأمن عموماً طيف واسع من التداعيات السلبية على كل من الصحة البشرية، وتداعيات إجتماعية نفسية، وسياسية، وإقتصادية، وبيئية (5 تداعيات) التي يحاولون

منعها. ثالثاً، يبين النموذج أيضاً أن "فقدان التحكم" هو الأرضية المشتركة بين الأمان والأمن بالإضافة إلى وصف السبل التي تؤدي إلى التداعيات السلبية الخمسة المذكورة أعلاه.



الشكل 5: النموذج الشامل للعلاقة بين أمان وأمن مصادر الأشعة.

النتائج والمناقشة

من الضروري وبغرض أن تتمكن أي دولة عضو في معاهدة عدم الإنتشار من إنشاء أو الحفاظ على برنامج مسؤول للطاقة النووية، إثبات امتثالها للصكوك القانونية الدولية مثل معايير الأمان النووية المتبعة داخلياً، والمبادئ التوجيهية الأمنية، ومتطلبات الضمانات النووية. إن الإلتزامات المنصوص عليها في الصكوك القانونية

الدولية مذكورة في الوثائق الإرشادية الصادرة عن الوكالة الدولية للطاقة الذرية. هناك ثلاثة جوانب في القانون النووي تتعلق بمفهوم الـ S3 وردت ضمن وثائق الوكالة الدولية الإرشادية وهي:

1- الأمان: يهتم الأمان بتحقيق تحدي التشغيل في الظروف الملائمة، ومنع الحوادث أو التخفيف من عواقبها، مما يؤدي إلى وقاية العاملين وحماية الجمهور والبيئة من المخاطر الإشعاعية غير المبررة. يمكن تحقيق الأمان من خلال تدابير الأمان، والتي تتضمن إجراءات لمنع الحوادث والترتيبات المتبعة للتخفيف من عواقبها في حالة وقوعها.

2- الأمن: يتمثل الأمن في التحدي لمنع وكشف والإستجابة للسرقة أو التخريب أو الوصول غير المصرح به أو النقل غير القانوني أو غيرها من الأعمال الخبيثة التي تنطوي على مواد نووية أو مواد مشعة أخرى أو المنشآت المرتبطة بها. يمكن تحقيق الأمن من خلال الحماية المادية والإلزام القانوني.

3- الضمانات/ عدم الإنتشار: تواجه الضمانات تحدي الكشف في الوقت المناسب عن تحويل كميات كبيرة من المواد النووية من الأنشطة النووية السلمية إلى تصنيع أسلحة نووية أو أجهزة متفجرة نووية أخرى أو لأغراض غير معروفة، وردع هذا التحويل من خلال الكشف المبكر. يمكن تحقيق الضمانات النووية من خلال الإلتزامات القانونية الدولية وضوابط وضمانات النقل.

المنهجية المتبعة لتحليل التداخلات بين مكونات الـ S3:

1- تعريف خطوات التحليل: قبل تحديد نهج أو منهجية لتحليل العلاقات المتبادلة بين الـ S3، من الضروري وضع تعريف عملي للتهديدات والأهداف ذات

العلاقة. فكما ورد سابقاً هناك ثلاثة جوانب رئيسية للقانون النووي بشأن الـ S3 تتمثل على النحو التالي:

أ– الأمان، الظروف أو الأحداث غير المقصودة التي تؤدي إلى إطلاقات إشعاعية من الأنشطة المصرح بها.

ب– الأمن، سوء الإستخدام المتعمد للمواد النووية أو غيرها من المواد المشعة من قبل عناصر غير حكومية.

ت– الضمانات/عدم الإنتشار، الأنشطة التي تقوم بها الدول التي يمكن أن تؤدي إلى حيازة الأسلحة النووية.

تؤدي هذه الجوانب القانونية الثلاثة إلى التهديدات الثلاثة التالية:

– تهديد الأمان، حادث بسبب عطل في النظام، أو خطأ بشري، أو كارثة طبيعية.

– تهديد الأمن، الإرهاب بسبب التخريب، أو الهجوم الخارجي، أو عمل خبيث داخلي.

– تهديد الضمانات/عدم الإنتشار، التحويل أو سوء الإستخدام لأغراض غير سلمية.

وبناء على كل ما سبق تصبح الأهداف الفردية لكل مكون من مكونات الـ S3، كما يلي:

أ– الأمان لوقاية الجمهور وحماية البيئة من المخاطر الإشعاعية.

ب– الأمن لحماية المواد والمنشآت النووية من الأفراد الشريرة.

ت– الضمانات لوقاية الجمهور وحماية البيئة من العناصر الشريرة.

2- المبادئ الأساسية:

من الواضح أن دمج مكونات الـ S3 بالنظر إلى الأهداف المذكورة أعلاه، وبغرض إستخلاص الفوائد مع الحفاظ على الوظائف الفردية، سيصبح مهمة معقدة جداً. لذلك وضعت مجموعة من المبادئ الأساسية وأطر منهجية لتساعد على معالجة هذه المعضلة. فمن الممكن تحديد بعض المبادئ المتعلقة بأسباب وكيفية حدوث التعاضد والتضارب في أهداف كل مكون من مكونات الـ S3، بنوعين من سماحية الوصول:

أ سماحية الوصول إلى المعلومات عن المواد النووية: تتطلب المكونات الثلاثة (الأمان والأمن والضمانات) الوصول إلى معلومات حول المواد النووية. وبالتالي، فإن مشاركة هذه المعلومات إلى أقصى حد ممكن (بدلاً من جمعها وتقسيمها) يمكن أن يؤدي إلى تعاضدات ينتج عنها زيادة في الفعالية والكفاءة لكل مكون (تخصص). ومع ذلك، في الوقت نفسه، تنشأ التضاربات عندما يتم تقييد سماحية الوصول إلى معلومات معينة خاصة متعلقة بالأمن المادي وأمن المعلومات.

ب سماحية الوصول إلى المواد النووية: هناك مكونان (الأمان والأمن) يقيدان الوصول المادي إلى المواد النووية، لكن المكون الثالث (الضمانات) يتطلب الوصول إلى المواد النووية، وهنا تنشأ التضاربات. ومع ذلك، في الوقت نفسه، قد يستفيد كل من الأمان والأمن بشكل تعاضدي من المشاركة المشتركة للمعلومات التي تم جمعها أثناء الوصول إلى المواد النووية لأغراض الضمانات (الإختبارات الإتلافية واللاإتلافية، أو الأختام، أو الكاميرات، أو المراقبة الإشعاعية عن بعد).

3– التداخلات بين الـ S3: من خلال تطبيق هذين النوعين من سماحية الوصول والإشارة إلى متطلبات الضمانات المحددة بموجب إتفاق الضمانات الشامل للوكالة الدولية للطاقة الذرية (INFCIRC/153) والبروتوكول الإضافي (INFCIRC/540) كإطار، قام الباحث Sanders وزملائه بوضع التعاضدات (تعاضد) وأوجه التضاربات المحتملة (تضارب) بين المكونات الثلاثة لكل متطلب من متطلبات الضمانات، في جدول بحيث يشكل العمود الأول متطلبات الضمانات (الشامل والبروتوكول الإضافي)، متبوعاً بتقييم ما إذا كان هناك تعاضد و/أو تضارب مع متطلبات كل من الأمن والأمان في العامودين الثاني والثالث، على التوالي. على الرغم من أن العناصر المحددة (التضاربات) في مفهوم الـ S3 تستحق مزيداً من الإهتمام، إلا أن بعض المجالات التي تحمل علامة (التضارب/التعاضد) لكل من الأمن والأمان تمثل أيضاً فرصاً للتكامل الفعال والفاعل في مفهوم الـ S3. من المثير للإهتمام أن نذكر أن قمة مجموعة الثماني عام 2008 في شيتوس، هوكايدو، اليابان أقرت بالحاجة إلى إرساء فهم مشترك ينص بأن تنفيذ عدم الإنتشار/الضمانات، والأمان والأمن (S3) كأمر لا غنى عنه لإستخدام الطاقة النووية. وركزت قمة الأمن النووي الأولى في عاصمة الولايات المتحدة الأمريكية "واشنطن" (2010) على موضوع تأمين المواد النووية ومنع الاتجار النووي غير المشروع والإرهاب النووي، وأوصت إلى إتباع نهج الـ S2 من خلال دمج الضمانات والتدابير الأمنية المتعلقة بالمواد النووية (الضمانات – الأمن). بينما ركزت قمة الأمن النووي لعام 2012 في العاصمة الكورية الجنوبية "سيول" على الأمن والأمان النووي لمعالجة العواقب الإشعاعية المتعلقة بالمنشأة (الأمن–والأمان). وقد قام Jor–shan choi بوضع مخطط يجمع بين مقررات القمم المشار إليها أعلاه (الشكل 6). وأخيراً، يوفر التكامل الشامل لمكونات الـ S3 مصطلح "المزيد ولكن بتكلفة أقل". كما يوصي بإتخاذ مجموعة من الإجراءات من

أهمها: التعرف مبكراً على وجهات وتفاعلات الـ S3، وتعزيز إرشادات الـ S3 من قبل السلطات التنظيمية الوطنية والدولية، وإقامة ورش عمل لـ S3 وتطوير "أفضل الممارسات"، وتوفير التدريب بمجال الـ S3 ومنح الشهادات، والمشاركة، إلى الحد المسموح به، في بيانات الـ S3 المتعلقة بقياس وجرد المواد النووية، وإجراء دراسات لتحديد مدى جدوى تقاسم التكاليف وتوفيرها.

الإستنتاج

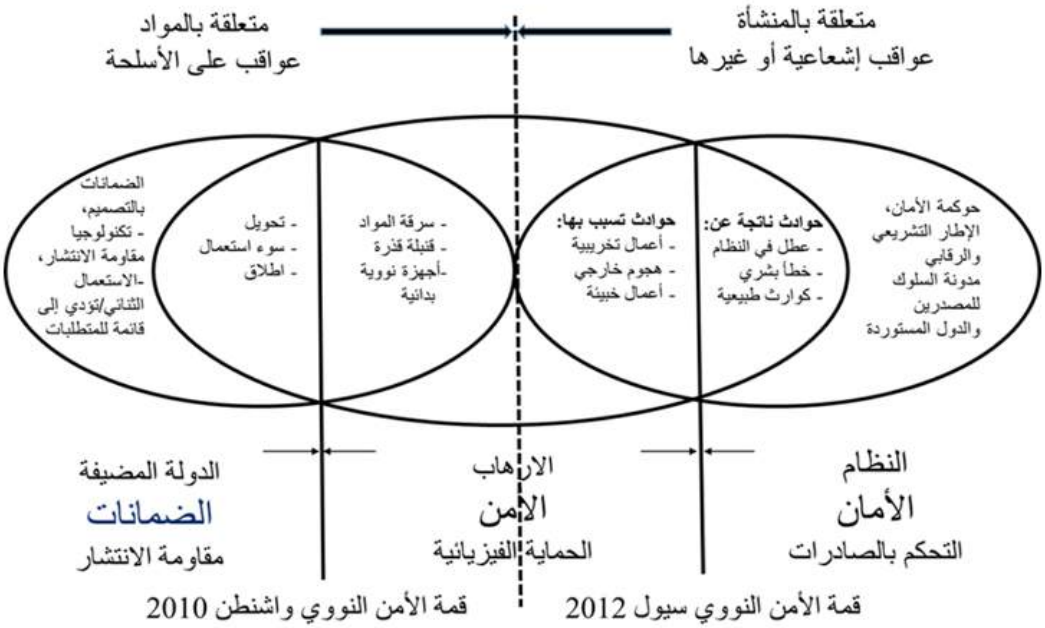
أولا: يمثل الثلاثي ـ الأمان والأمن والضمانات النووية ـ جوانب محددة من المجال النووي، ويرمز إلى مجال حصري من المسؤوليات، ولكنها تتداخل في العديد من الجوانب، وتهدف هذه المكونات الثلاثة بشكل مشترك إلى وقاية الأفراد والمجتمع وحماية البيئة (أي منع إطلاق كميات كبيرة من المواد المشعة).

ثانيًا: قد يختلف تنفيذ مبادى الوقاية والحماية وما يترتب عليها من تدابير أو إجراءات مشتركة، لكل مكون على الرغم من التداخل فيما بين مجالاتها، تعزيزها لبعضها البعض.

ثالثا: الفلسفة المطبقة لتحقيق الأهداف الأساسية للمكونات الثلاثة متشابهة وتشمل (الدفاع في العمق، الاستمثال الأفضل، وهيكل الإحتواء).

تشكل الضمانات النووية بعداً آخر للأمن النووي، وتهدف إلى ردع وكشف الإستجرار غير المصرح به للمواد النووية. ولذلك، فإن تدابير الضمانات تعزز الأمان من خلال منع تحويل المواد النووية وإساءة إستخدامها وتتفاعل مع الأمن لتحسين الفاعلية والفعالية في تحقيق الأهداف المشتركة لكل مكون من الـ S3. ومازال هناك حاجة إلى نموذج إستراتيجي جديد بغية تطوير وتوسيع الطاقة النووية على

أساس الـ S3 (الأمان والأمن والضمانات النووية) من أجل تعزيز التداخلات بين مكونات الـ S3.



الشكل 6. رسم تخطيطي يوضح العلاقات بين الأمن والأمان والضمانات النووية بمفهوم الـ S3 بحسب توصيات قمم الأمن النووي في اليابان (2008)، الولايات المتحدة (2010)، وكوريا الجنوبية (2012).

الدكتور جورج س. سعور
هيئة الطاقة الذرية السورية
مكتب التنظيم الإشعاعي والنووي

References

1. Blandford, E. D. and May, M. M., 2012. Lessons Learned: The Evolution of Nuclear Power Safety after Accidents and Near-Accidents", American Academy of Arts and Sciences, p. 23.
2. Kónya, J., Nagy, N. M., 2018. In Nuclear and Radiochemistry (Second Edition, 2018). Nuclear Power Plant Nuclear power plants (NPPs) feature high capital costs and low operating costs.
3. IAEA Brief for policymakers, 2017. https://www.iaea.org/sites/default/files/18/04/how-nuclear-power-helps-meet-global-energy-demand-the-role-of-the-iaea-new.pdf.
4. Zakariya, N. I., Kahn, M. T. E., 2015. Safety, security and safeguard. Annals of Nuclear Energy, 75: 292–302.
5. Carmona, L. V., 2005. The International Regime on the Physical Protection of Nuclear Material and the Amendment to the Convention on the Physical Protection of Nuclear Material. Nuclear Law Bulletin, 1–18, https://www.oecd-nea.org/law/nlb/nlb-76/031_045.pdf.
6. Sanders, K. E., Pope, R. B., Liu, Y. Y., Shuler, J. M., 2015. Interfaces among Safety, Security, and Safeguards (3S) - Conflicts and Synergies. INMM 56th Annual Meeting, July 12–16, 2015, Renaissance Esmeralda, Indian Wells, CA, USA.
7. Endo, T., 2009. Countries planning to introduce nuclear power generation and the 3Ss, making the 3Ss an international standard, ICNND, Barton, Australia. http://www.icnnd.org/Documents/endo_3s_int_standard.pdf.
8. IAEA, 2022. Nuclear Safety and Security Glossary. Terminology Used in Nuclear Safety, Nuclear Security, Radiation Protection and Emergency P&R.

9. IAEA, 2014. General Safety Requirements Part 3, No. GSR Part 3. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards.
10. Fitzpatrick, M., 2009. Nuclear safety and security. In: Preventing Nuclear Dangers in Southeast Asia and Australia, IISS Strategic Dossier, p. 31.
11. IAEA, 2022. Safeguards Glossary, Vienna, Austria.
12. IAEA, 2021. Technical Reports Series No. I000. The Nuclear Safety and Nuclear Security Interface: Approaches and National Experiences.
13. Mishra, S., 2013. AIR POWER Journal Vol. 8 No. 3, MONSOON (July-September).
14. Dodd, B., 2004. Safety and Security of Radioactive Sources: Conflicts, Commonalities and Control. In: Current Trends in Radiation Protection. https://www.ipen.br/biblioteca/cd/irpa/2004/files/KL-7b.pdf.
15. IAEA, 2011. Nuclear Security Recommendations on Physical Protection of Nuclear Material and Nuclear Facilities (INFCIRC/225/Revision 5).
16. IAEA, 1972. The Structure and Content of Agreements Between the Agency and States Required in Connection with the Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons (INFCIRC/153).
17. IAEA, 1997. Model Protocol Additional to the Agreement(s) Between State(s) and the IAEA ency for the Application of Safeguards (INFCIRC/540).
18. Choi, J-S., 2011. An Integrated Approach to Nuclear Safety and Security in the Context of 3S (Safety, Security, and Safeguards). https://www.jaea.go.jp/04/iscn/activity/2011-12-08/2011-12-08-22.pdf.

التحري عن التلوث الإشعاعي والكيمائي في شط العرب بإستخدام تقنية الإشعاع السنكروتروني الإنعكاسي الكلي للفلورسنس (SR-TXRF)

Abstract

Healthcare institutions located on the banks of the Shatt al-Arab generate a variety of liquid wastes that require appropriate treatment and disposal to prevent the spread of diseases and pollution. These wastes include hazardous chemical liquids, which are used in a wide range of operations within healthcare institutions, including disinfection, sterilization, cleaning, analysis, diagnosis, and treatment. These liquids include solvents, acids, bases, toxic substances, carcinogens, irritants, oxidants, reducers, reactive substances, and radioactive substances. These wastes must be handled with extreme care to protect the environment and human health.

The study indicates a clear increase in the concentrations of radioactive and chemical elements in the waters of the Shatt al-Arab, including chromium (Cr), cobalt (Co), nickel (Ni), arsenic (As), cadmium (Cd), mercury (Hg), and lead (Pb), compared to the standards set by the World Health Organization. These results indicate pollution of the waters of the Shatt al-Arab and the accumulation of these pollutants in fish tissues.

Sediments in the Shatt al-Arab were analyzed at six sites and the results were presented. The elements that appear in the chart are chromium (Cr), cobalt (Co), nickel (Ni), gallium (Ga), germanium (Ge), arsenic (As), selenium (Se), bromine (Br), strontium (Sr), silver (Ag), cadmium (Cd), mercury (Hg), thallium (Tl), lead (Pb), thorium (Th), and uranium (U). Chromium (Cr) makes up 39% of the total pollutants in fish tissue. Cobalt (Co) makes up 31% of the pollutants in fish tissue. Nickel (Ni) makes up 16% of the pollutants in fish tissue. Gallium (Ga) makes up 6% of the pollutants in fish tissue. Germanium (Ge) and arsenic (As) each make up 1% of the pollutants in fish tissue.

The results agree with a study conducted to monitor waste on Arab beaches, including medical waste. These challenges threaten the health, security, and well-being of the region's population, and reduce its economic, social, and cultural value. The causes of these challenges are due to natural and human factors, such as wars, sanctions, neglect, corruption, and unsustainable development. To address these challenges, it is necessary to conduct regular and comprehensive environmental monitoring, and to implement policies, laws, and strategies to protect and improve the quality of the waters and the ecosystem of the Shatt al-Arab

مـــــقـــــدمة

الإشعاع السنكروتروني الإنعكاسي الكلي للفلورسنس الإشعاعي (SR–TXRF) هو تقنية تستخدم ظاهرة الإنعكاس الخارجي الكلي للأشعة السينية لتحليل العناصر النزرة في أنواع مختلفة من العينات. إنها طريقة قوية وحساسة يمكنها إكتشاف العناصر من الكربون إلى اليورانيوم بتراكيز منخفضة جداً، مثل الفيمتوغرام أو الأجزاء من المليار. لهذه التقنية تطبيقات عديدة في توصيف المواد، مثل تحليل السطح

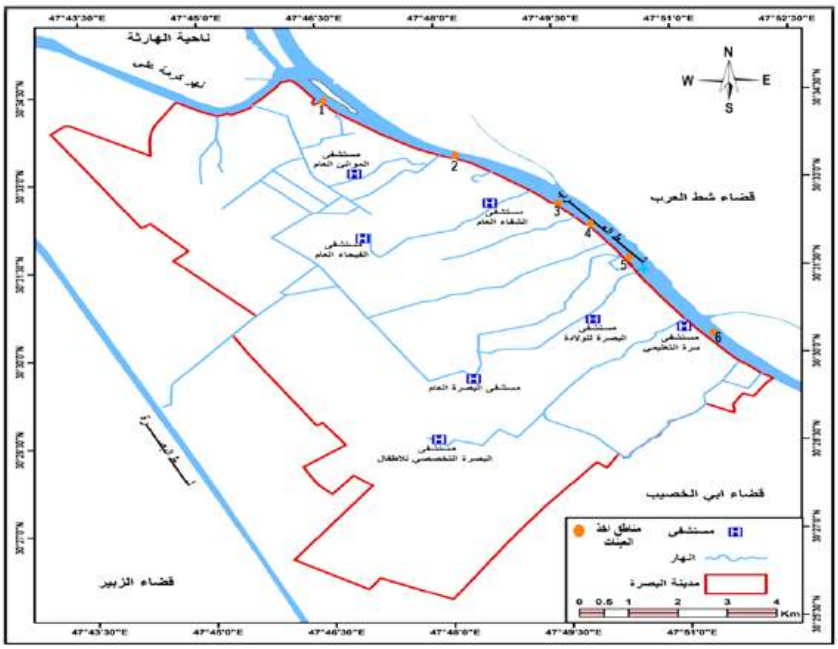
والأفلام الرقيقة، والتحليل العميق، وتحليل العينات البيئية والطبية والتقنية. SR-TXRF هو نوع من الفلورسنس الإشعاعي السيني الإنتشاري (EDXRF)، والذي يستند إلى مبدأ قياس الأشعة السينية المميزة التي تنبعث من ذرات العينة عند تشعيعها بحزمة من الأشعة السينية عالية الطاقة. شط العرب هو نهر يمتد لمسافة تقريبية 192 كم، وينشأ من إلتقاء نهري دجلة والفرات في مدينة القرنة بمحافظة البصرة جنوب العراق. ويشكل النهر الحدود الدولية بين العراق وإيران في آخر 90 كم من مجراه، ويصب في الخليج العربي بعد أن يمر بموانئ البصرة وعبادان. ويتغير عرض النهر من 250 إلى 300 م عند مصب نهري دجلة والفرات إلى 700 م عند البصرة وأكثر من 800 م عند مصبه. ويتلقى النهر مياه منطقة تبلغ مساحتها 145190 كم^2 تحت إلتقاء نهري دجلة والفرات (بإستثناء مناطق حوضي النهرين). وتعتبر منطقة دلتا شط العرب منطقة مصبية-دلتية لأن رواسب النهر تتسرب إلى جزء ضحل وضيق من الخليج العربي. وتبلغ عرض دلتا شط العرب 140 كم وتنقسم إلى أكثر من 10 فروع. ويتميز المنظر الطبيعي بوجود مناطق رطبة خضراء وبحيرات ومصبات، محاطة بأراض مروية ومزارع نخيل ومحاطة بالصحراء. ويعتمد شط العرب على بعض مصادر المياه الرافدة للتغذية. هذه الروافد هي الأهوار الحمار والهويزة والقرنة ونهر الكارون الذي يجري في جانبه الأيسر. ويتأثر شط العرب أيضاً بالمد الجوي القادم من الخليج العربي الذي يقلل من تصريف مياه شط العرب إلى البحر. وتتميز ضفتا شط العرب بأنهما منخفضتان في منطقة تدفقه حتى البصرة، وهي مليئة بقنوات المياه التي تستخدم لري الأراضي الزراعية. مراقبة البيئة في شط العرب هي عملية مهمة لتقييم حالة النظام البيئي والتأثيرات البشرية عليه. تعاني مياه شط العرب من التلوث بالمواد الكيميائية والبيولوجية والنفطية، مما يهدد صحة الإنسان والحياة البرية والإقتصاد. يمكن إستخدام الميكروبات كمؤشرات حيوية للتلوث، حيث تعكس تنوعها وكثافتها ونشاطها الحيوي مستوى السمية في الرواسب. كما يمكن قياس تراكيز بعض المعادن الثقيلة والهيدروكربونات النفطية في الرواسب والمياه والأحياء

المائية لتحديد مصادر ومسارات وآثار التلوث. تشير الدراسات إلى أن مستويات التلوث في شط العرب إرتفعت بشكل كبير خلال العقود الأخيرة بسبب الحروب والنشاطات الصناعية والزراعية والمدنية. لذلك، من الضروري إجراء مراقبة بيئية منتظمة وشاملة لشط العرب لتحسين جودة المياه والحفاظ على التوازن البيئي. شط العرب هو نهر يواجه تحديات بيئية عديدة وخطيرة، منها التلوث النفطي والكيميائي والبيولوجي، وإنخفاض تدفق المياه العذبة، وإرتفاع ملوحة المياه السطحية والجوفية، وتدهور الحياة النباتية والحيوانية، وتأثير التغير المناخي. هذه التحديات تهدد صحة وأمن ورفاهية سكان المنطقة، وتقلل من قيمتها الإقتصادية والإجتماعية والثقافية. ترجع أسباب هذه التحديات إلى عوامل طبيعية وبشرية، مثل الحروب والعقوبات والإهمال والفساد والتنمية غير المستدامة. لمواجهة هذه التحديات، يلزم إجراء مراقبة بيئية دورية وشاملة، وتطبيق سياسات وقوانين وإستراتيجيات لحماية وتحسين جودة المياه والنظام البيئي لشط العرب. دراسة تحاليل مستويات الهيدروكربونات النفطية في مياه ورواسب وكائنات حية من شط العرب من عام 1980 إلى عام 2018، وأشارت إلى إرتفاع مستويات التلوث بسبب الحروب والنشاطات الصناعية والزراعية والمدنية. دراسة أستخدمت منظور الأنظمة المقترنة البشرية والطبيعية (CHANS) لتحديد أسباب وعواقب التدهور البيئي على طول شط العرب، وأظهرت تأثيرات التغيرات المناخية والسياسية والإقتصادية على جودة المياه والنباتات والحيوانات. دراسة قيمت الحالة العامة لشط العرب من حيث الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية للمياه، وأوضحت أن شط العرب يعاني من التلوث البيولوجي والكيميائي والنفطي، وأن ملوحة المياه تزداد بإتجاه الجنوب. دراسة أجرت تقييماً أولياً للبيئة النهرية لشط العرب في محافظة البصرة، ورصدت بعض المؤشرات البيئية مثل درجة الحرارة والأملاح والأكسجين والكوليفورمات والعناصر الثقيلة، وأبدت قلقها من تدهور النظام البيئي. دراسة تناولت حالة التلوث النفطي في الخليج العربي ومصب شط العرب، وحللت تأثيرات الحروب والتسربات النفطية والتفريغات الصناعية على البيئة البحرية، وأوصت

بإتخاذ إجراءات للحد من التلوث وإعادة التأهيل. الرصد البيئي في شط العرب هو عملية حاسمة لتقييم حالة النظام البيئي والتأثيرات البشرية عليه. مياه شط العرب تعاني من التلوث بالمواد الكيميائية والبيولوجية والنفطية. يمكن إستخدام الميكروبات كمؤشرات حيوية للتلوث، حيث تعكس تنوعها وكثافتها ونشاطها الحيوي مستوى السمية في الرواسب. كما يمكن قياس تراكيز بعض المعادن الثقيلة والهيدروكربونات النفطية في الرواسب والمياه والأحياء المائية لتحديد مصادر ومسارات وآثار التلوث. هناك إرتباطات بين العناصر الكيميائية المختلفة. هذه الدراسة تساعد في فهم العلاقات بين العناصر المختلفة وكيفية تأثيرها على البيئة والكائنات الحية مثل الأسماك.

المواد وطرائق العمل

منطقة الدراسة: المؤسسات الصحية الواقعة على شط العرب شكل 1، تنتج كميات مختلفة من المخلفات السائلة التي تحتاج إلى معالجة وتخلص مناسبين لمنع إنتشار الأمراض والتلوث. سوائل كيميائية خطرة: هي السوائل التي تستخدم في التطهير والتعقيم والتنظيف والتحليل والتشخيص والعلاج في المؤسسات الصحية. تشمل هذه السوائل المذيبات والأحماض والقواعد والمواد السامة والمسرطنة والمهيجة والمؤكسدة والمختزلة والمتفاعلة والمشعة وغيرها. يجب جمع وفرز وتخزين ونقل ومعالجة وتخلص هذه السوائل بطرق آمنة وفقاً للمعايير والقوانين المعمول بها. مخلفات من الأدوية والمستحضرات الصيدلانية التي تستخدم في الوقاية أو العلاج أو التخفيف من الأمراض في المؤسسات الصحية. تشمل هذه السوائل المضادات الحيوية والكيماويات السامة والمسكنات والهرمونات والمنشطات والمهدئات وغيرها.



شكل 1: خارطة تظهر منطقة الدراسة ومصبات الصرف الصحي للمستشفيات على شط العرب

يجب معالجة وتخلص هذه السوائل بطرق تمنع تأثيرها السلبي على البيئة والصحة العامة. مخلفات سائلة مشعة: هي السوائل التي تحتوي على مواد مشعة تستخدم في التصوير الطبي والعلاج الإشعاعي والأبحاث النووية في المؤسسات الصحية. تشمل هذه السوائل المحاليل والمحاقن والأنابيب والأقراص والمصادر المشعة وغيرها. يجب معالجة وتخلص هذه السوائل بطرق تضمن حماية العاملين والمرضى والبيئة من التعرض للإشعاع. مخلفات بقايا المعادن الثقيلة: هي السوائل التي تحتوي على معادن ثقيلة ذات سمية عالية تستخدم في الخدمات الطبية والفنية في المؤسسات الصحية. تشمل هذه السوائل الزئبق والفضة والرصاص والكادميوم والزنك والنحاس وغيرها. يجب معالجة وتخلص هذه السوائل بطرق تحد من تراكمها وإنتشارها في البيئة والتسبب في التسمم والتلف العضوي.

جمع العينات وتحليلها

جمعت عينات من الأسماك والرواسب من 6 مواقع وخضعت عينات الأسماك لسلسلة من الخطوات قبل التحليل؛ حيث تم غسل العينات أولاً بشكل جيدا لإزالة أي ملوثات سطحية قد تتداخل مع التحليل. بعد الغسيل، قطعت العينات من أنسجة الأسماك وتم تجفيف العينات في الفرن. يساعد عملية التجفيف في إزالة أي رطوبة في العينات. بمجرد التجفيف، تم وزن العينات. وتحديد كمية العينة المتاحة للتحليل وتساعد في حساب تركيز العناصر الاشعاعية والكيميائية (الكروم(Cr) ، الكوبالت (Co)، النيكل (Ni) ، الغاليوم (Ga) ، الجرمانيوم(Ge) ، الزرنيخ (As) ، السيلينيوم (Se)، البروم (Br) ، السترونشيوم (Sr) ، الفضة(Ag) ، الكادميوم، (Cd) ، الزئبق، (Hg) ، الثاليوم، (Tl) ، الرصاص (Pb) ، الثوريوم (Th) واليورانيوم (U) في العينة. ثم تم تجانس العينات المجففة والموزونة لتهيئتها للتحليل بجهاز الإشعاع السنكروتروني الإنعكاسي الكلي للفلورسنس الإشعاعي (SR–TXRF). تم إجراء قياسات SR–TXRF بإستخدام شعاع متعدد الألوان بطاقة شعاع من 2 إلى 20 كيلو فولت ومن خط شعاع D09–XRF من السنكروترون الضوئي البرازيلي (Pe´rez et al., 1999). يحتوي كل قرص على عاكس و تم وضع عينة التبخر المتبقية في موضع الإنعكاس الكلي للأشعة السينية وتم إعداد وقت الإستحواذ عند 100 ثانية، بإستثناء العينات القياسية، حيث تم إعدادها عند 300 ثانية. كما تم إستخدام كاشف Si (Li) بدقة 160 فولت وبخط العرض الكامل لنصف الحد الأقصى (FWHM) عند Mn–K".

التحليل الإحصائي

تحليل التباين الأحادي (ANOVA): هذا إختبار إحصائي يستخدم لتحديد ما إذا كانت هناك أي فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسطات ثلاث مجموعات مستقلة

أو أكثر. يساعد إستخدام إختبارات الإحصاء وتحليل الإرتباط في ضمان صحة النتائج ويكشف عن أي علاقات ذات دلالة بين المعلمات المدروسة. يعتبر حساب عامل الإنتقال بالذات مهمًا لأنه يوفر نظرة على حركة هذه العناصر داخل النظام البيئي المائي.

التحليل العنقودي

تم إجراء التحليل العنقودي للعناصر المشعة والكيميائية وذلك بإستخدام البرنامج الإحصائي JMP نسخة 16. لمعرفة مصادر التلوث المحتملة التي خلفت هذه العناصر في مياه نهر شط العرب وبالتالي تركزها بأنسجة الأسماك للعينات المدروسة.

النتائج والمناقشة

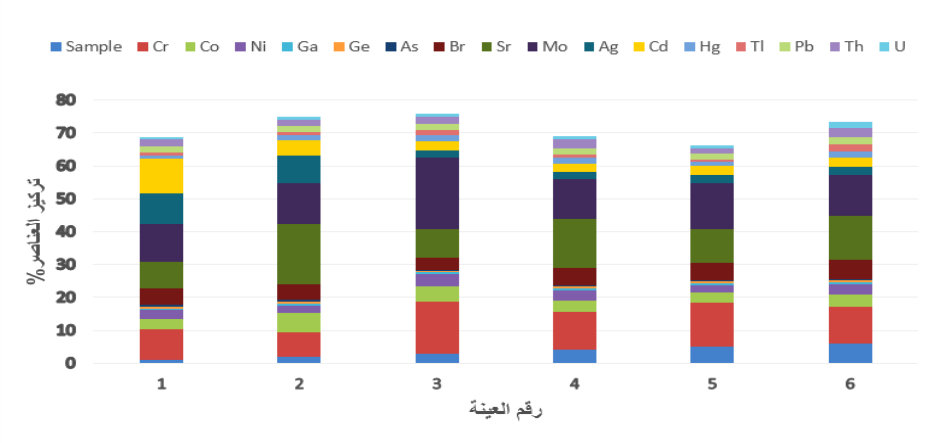
بين الجدول رقم 1 تراكيز العناصر المشعة والعناصر الإشعاعية في عينات السمك المأخوذة من ستة مواقع مختلفة على طول شط العرب. يتم قياس التركيز بوحدات جزء في المليون (ppm) ويتم تقديم القيمة الوسطية والإنحراف المعياري لكل عنصر. من الجدول، يمكننا ملاحظة أن بعض العناصر تتجاوز الحدود الموصى بها من قبل منظمة الصحة العالمية (WHO) والدراسة المرجعية Al-Gburi et al. 2016. على سبيل المثال، تركيز الكروم (Cr) في العينات يتراوح بين 7.5 و 15.6ppm ، مع متوسط 11.42ppm، وهو أعلى بكثير من الحد الموصى به من قبل WHO والدراسة المرجعية. بالمثل، تركيز الكوبالت (Co) يتراوح بين 3.2 و 5.8 ppm، مع متوسط 4.05 ppm، وهو أيضا أعلى من الحد

الموصى به من قبل WHO. ومع ذلك، تركيز النيكل (Ni) ضمن الحدود الموصى بها من قبل WHO.

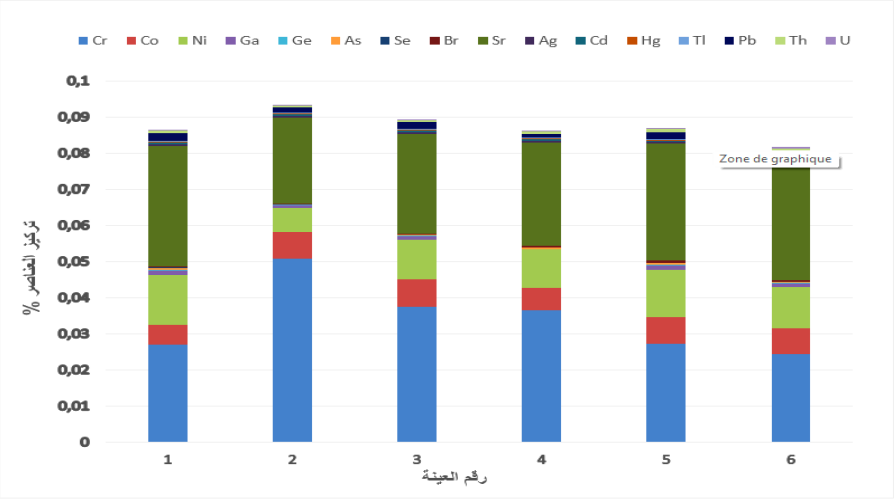
كما أن النتائج في الأشكال 2،3 تظهر أن تركيز الكروم (Cr) كان الأعلى في عينات الموقع 3 بنسبة 15.6%، بينما كان الأدنى في الموقع 2 بنسبة 7.5% (وكما موضح بالجدول 1 الشكل رقم 2). بالنسبة للكوبالت (Co)، كانت النسبة الأعلى في الموقع 2 بنسبة 5.8%، بينما كانت النسبة الأدنى في المواقع 1 و 5 بنسبة 3.2%. بالنسبة للنيكل (Ni)، كانت النسبة الأعلى في الموقع 3 بنسبة 3.5%، بينما كانت النسبة الأدنى في الموقع 2 بنسبة 2.1%. بالنسبة للكادميوم (Cd) كانت النسبة الأعلى في الموقع 1 بنسبة 10.5%، بينما كانت النسبة الأدنى في المواقع 3، ،, 5 و 6 بنسبة 2.7%، 2.6%، 2.9% و 2.9% على التوالي. بالنسبة لليورانيوم (U) ، كانت النسبة الأعلى في الموقع 6 بنسبة 2%، بينما كانت النسبة الأدنى في الموقع 1 بنسبة 0.5.% (وكما موضح بالجدول 1 الشكل رقم 2). كانت قيم العناصر الإشعاعية والعناصر الكيميائي تفوق قيم المحددات العالمية لمنظمة الصحة العالمية لكل من العناصرCr، Co، Ni ،As، Cd، Hg، Pb، (وكما هو موضح بالجدول رقم 1). وأيضا كانت تفوق تراكيز العناصر الكيميائية المقاسة في دراسة Al-Gburi, et al.2016 التي درست تراكيز العناصر الكيميائية في هور الحمار جميع العناصر المذكورة أعلاه ماعدا عنصر Pb كان أقل من هذه الدراسة (وكما موضح بالجدول رقم 1). وهذه دلالة واضحة على تلوث نهر شط العرب بالعناصر الكيميائية كونها فاقت بتراكيزها المقاسة بهذه الدراسة التراكيز الموصى بها من قبل منظمة الصحة العالمية.

Sample	1	2	3	4	5	6	Mean	SD	WHO, 2011 [15]	Al-Gburi, et al.2016 Study [16]
Cr	9.3	7.5	15.6	11.5	13.3	11.3	11.42	2.61	1	0.22
Co	3.2	5.8	4.9	3.6	3.2	3.6	4.05	0.97	0.015	0.358
Ni	2.6	2.1	3.5	2.9	2.2	3.2	2.75	0.51	*0.01–2.78	
Ga	0.5	0.7	0.7	0.9	0.7	0.6	0.68	0.12		
Ge	0.6	0.7	0.4	0.4	0.5	0.5	0.52	0.11		
As	0.5	0.5	0.3	0.3	0.4	0.4	0.40	0.08	0.1	
Br	5	4.6	3.7	5.3	5.3	5.9	4.97	0.69		
Sr	8.1	18.5	8.7	15	10.2	13.2	12.28	3.69		
Mo	11.6	12.2	21.6	12.2	14	12.5	14.02	3.47		
Ag	9.2	8.4	2.4	2	2.3	2.4	4.45	3.09		
Cd	10.5	4.9	2.7	2.6	2.9	2.9	4.42	2.83	0.05	0.286
Hg	1	1.5	1.7	1.9	1.3	1.8	1.53	0.31	**0.5	0.04
Tl	1	0.9	1.6	0.8	0.7	2.1	1.18	0.50		
Pb	1.8	1.9	2.1	1.8	1.6	2.4	1.93	0.26	0.3	7.64
Th	2.3	1.7	2.1	3	1.7	2.7	2.25	0.48		
U	0.5	1.1	0.8	0.7	0.8	2	0.98	0.49		

الجدول 1: تراكيز العناصر المشعة والعناصر الإشعاعية في عينات السمك المأخوذة من ستة مواقع من شط العرب، وأيضا تراكيز هذه العناصر وحدودها الخاصة بمنظمة الصحة العالمية.



الشكل 2: المحتوى الكلي لمجموعة من العناصر الكيميائية والمشعة الموجودة في نسيج الأسماك، والتي تم جمعها من ستة مواقع مختلفة.



الشكل 3: المحتوى الكلي لمجموعة من العناصر الكيميائية والمشعة الموجودة في رواسب نهر شط العرب، والتي تم جمعها من ستة مواقع مختلفة.

نتائج التحليل الإحصائي

الجدول 2 يعرض معاملات الإرتباط بين العناصر المختلفة. معامل الإرتباط هو قيمة تتراوح بين −1 و1. إذا كانت القيمة تقترب من 1، فهذا يعني أن هناك إرتباطا إيجابياً قوياً بين العنصرين. إذا كانت القيمة تقترب من −1، فهذا يعني أن هناك إرتباطاً سلبياً قوياً. إذا كانت القيمة تقترب من الصفر، فهذا يعني أنه لا يوجد إرتباط قوي بين العنصرين. النتائج تظهر أن هناك إرتباط سلبي ضعيف بين الكروم (Cr) والكوبالت (Co) بقيمة −0.2. وجد أيضا أن هناك إرتباط إيجابي متوسط بين الكروم (Cr) والنيكل (Ni) بقيمة 0.62. هناك إرتباط إيجابي متوسط بين الكوبالت (Co) والجرمانيوم (Ge) بقيمة 0.36. هناك إرتباط إيجابي قوي بين الكادميوم (Cd) والفضة (Ag) بقيمة 0.9. هناك إرتباط إيجابي متوسط بين الزئبق (Hg)

واليورانيوم (U) بقيمة 0.5. هناك إرتباط سلبي قوي بين الكروم (Cr) والجرمانيوم (Ge) بقيمة −0.85. هناك إرتباط سلبي قوي بين الكروم (Cr) والزرنيخ (As) بقيمة −0.81. هناك إرتباط سلبي متوسط بين الكوبالت (Co) والبروم (Br) بقيمة −0.65. هناك إرتباط إيجابي قوي بين النيكل (Ni) والثاليوم (Tl) بقيمة 0.75. هناك إرتباط إيجابي قوي بين الغاليوم (Ga) والزئبق (Hg) بقيمة 0.68. العديد من الدراسات العلمية قد أجرت لفحص تراكم المعادن في الأسماك. هذه الدراسات تهدف إلى فهم كيفية تأثير البيئة على صحة الأسماك وكيف يمكن أن يؤثر تناول الأسماك على صحة الإنسان. الكروم (Cr) والكوبالت (Co) هذين المعدنين ينتميان إلى مجموعة العناصر الانتقالية في الجدول الدوري. هذه المجموعة من العناصر تتميز بخصائصها الكيميائية المشابهة. يمكن أن يتراكم هذين المعدنين في الأسماك بناءاً على التعرض لهما في البيئة. الكادميوم (Cd) والفضة (Ag) هذين المعدنين ينتميان إلى المجموعة الثانية عشر في الجدول الدوري. هذه المجموعة من العناصر تتميز بخصائصها الكيميائية المشابهة. يمكن أن يتراكم هذين العنصرين في الأسماك بناءًا على التعرض لهما في البيئة. تم تحليل الرواسب في شط العرب لستة مواقع وتم عرض النتائج في الشكل 3. العناصر التي تظهر في الرسم البياني هي الكروم (Cr)، الكوبالت(Co) ، النيكل(Ni) ، الغاليوم(Ga) ، الجرمانيوم(Ge) ، الزرنيخ (As)، السيلينيوم(Se) ، البروم(Br) ، السترونتيوم(Sr) ، الفضة(Ag) ، الكادميوم (Cd)، الزئبق(Hg) ، الثاليوم(Tl) ، الرصاص(Pb) ، الثوريوم(Th) ، واليورانيوم (U). الكروم (Cr) يشكل 39% من المحتوى الكلي للملوثات في نسيج الأسماك. الكوبالت (Co) يشكل 31% من الملوثات في نسيج الأسماك. النيكل (Ni) يشكل 16% من الملوثات في نسيج الأسماك الغاليوم (Ga) يشكل 6% من الملوثات في نسيج الأسماك. الجرمانيوم (Ge) والزرنيخ (As) كلاهما يشكل 1% من الملوثات في نسيج الأسماك. الجدول 2 يظهر الإرتباط بين العناصر المختلفة في الرواسب لستة

مواقع في شط العرب. الكروم (Cr) له إرتباط سلبي قوي مع النيكل (Ni) والسترونتيوم (Sr) واليورانيوم (U) ، وإرتباط سلبي مع الزرنيخ (As) والفضة (Ag) والثاليوم (Tl) والثوريوم(Th) . الكوبالت (Co) له إرتباط إيجابي مع السيلينيوم .(Se) النيكل (Ni) له إرتباط سلبي قوي مع الكروم (Cr) والسترونتيوم (Sr) واليورانيوم(U) ، وإرتباط إيجابي قوي مع الزرنيخ (As) والثوريوم(Th) . الغاليوم (Ga) له إرتباط إيجابي مع النيكل (Ni) والجرمانيوم (Ge) والزئبق .(Hg) الجرمانيوم (Ge) له إرتباط إيجابي مع النيكل (Ni) والزرنيخ (As) والبروم (Br) والثوريوم (Th) واليورانيوم (U). الزرنيخ (As) له إرتباط سلبي قوي مع الكروم (Cr) وإرتباط إيجابي قوي مع النيكل (Ni) والسترونتيوم (Sr) والبروم (Br) والثوريوم (Th) واليورانيوم .(U) السيلينيوم (Se) له إرتباط إيجابي مع الكوبالت (Co) والنيكل (Ni) والغاليوم (Ga) والسترونتيوم(Sr) . البروم (Br) له إرتباط إيجابي قوي مع الزرنيخ (As) والسترونتيوم (Sr) والثوريوم (Th). واليورانيوم .(U) السترونتيوم (Sr) له إرتباط سلبي قوي مع الكروم (Cr) وإرتباط إيجابي قوي مع الزرنيخ (As) والبروم (Br) والثوريوم (Th) واليورانيوم .(U) الفضة (Ag) له إرتباط سلبي قوي مع الكروم (Cr) وإرتباط إيجابي مع الزرنيخ (As). الكادميوم (Cd) له إرتباط سلبي مع الجرمانيوم (Ge) والزئبق (Hg) والثاليوم (Tl). والرصاص (Pb) والثوريوم (Th) واليورانيوم(U) . الزئبق (Hg) له إرتباط سلبي قوي مع البروم (Br) وإرتباط إيجابي مع الغاليوم .(Ga) الثاليوم (Tl) له إرتباط إيجابي مع النيكل (Ni) والغاليوم (Ga) والسترونتيوم (Sr) والرصاص(Pb) . الرصاص (Pb) له إرتباط إيجابي قوي مع النيكل (Ni) والغاليوم (Ga) والسترونتيوم (Sr) والثاليوم(Tl) . الثوريوم (Th) له إرتباط سلبي قوي مع الكروم (Cr) وإرتباط إيجابي قوي مع النيكل (Ni) والزرنيخ (As) والبروم (Br) والسترونتيوم (Sr) واليورانيوم(U) . تتفق النتائج مع دراسة تمت لرصد النفايات على الشواطئ العربية، بما في ذلك المخلفات الطبية. هذه الدراسة أظهرت أن التخلص من المواد

البلاستيكية، مثل عبوات الشراب والأكياس، يحدث بشكل كبير على الشواطئ العربية. منظمة الصحة العالمية تقدم معلومات عن مخلفات الرعاية الصحية، بما في ذلك الأنواع المختلفة للمخلفات والمخاطر الصحية المحتملة. وفقاً لدراسة أخرى، تم توثيق تلوث شط العرب ببقع زيتية ومياه آسنة. وقد أشارت الدراسة إلى أن شط العرب يعاني من تلوث خطير بسبب المعادن الثقيلة مثل النيكل والكروم والمنغنيز والموليبدينوم والنحاس والرصاص والزنك، بالإضافة إلى مصادر تلوث أخرى تأتي من الأسمدة ومياه الصرف الصحي وورش اللحام ومخلفات الصناعات النفطية. وفي دراسة أخرى أجريت في عام2019، تم توثيق الخسائر المادية في مزارع السيبة لتربية أسماك الكارب في محافظة البصرة، والتي نتجت عن المد الملحي في شط العرب. من الواضح أن تلوث شط العرب يمثل تحدياً كبيراً للبيئة والثروة السمكية في المنطقة. يتطلب الأمر مزيدًا من البحث والعمل للحد من التلوث وحماية البيئة والثروة السمكية.

	Cr	Co	Ni	Ga	Ge	As	Se	Br	Sr	Ag	Cd	Hg	Tl	Pb	Th	U
Cr	1.00															
Co	-0.20	1.00														
Ni	0.62	-0.06	1.00													
Ga	0.24	0.18	0.04	1.00												
Ge	-0.85	0.36	-0.73	-0.49	1.00											
As	-0.81	0.11	-0.69	-0.67	0.96	1.00										
Se	0.10	-0.55	-0.06	0.30	-0.31	-0.25	1.00									
Br	-0.31	-0.65	-0.21	-0.07	0.05	0.18	0.85	1.00								
Sr	-0.59	0.54	-0.37	0.48	0.39	0.16	0.23	0.21	1.00							
Ag	-0.79	0.28	-0.53	-0.55	0.87	0.87	-0.62	-0.17	0.12	1.00						
Cd	-0.56	-0.18	-0.31	-0.69	0.58	0.73	-0.52	-0.03	-0.31	0.86	1.00					
Hg	0.31	0.25	0.56	0.68	-0.57	-0.73	0.38	0.06	0.46	-0.69	-0.81	1.00				
Tl	0.28	0.06	0.75	-0.36	-0.24	-0.20	0.08	0.07	-0.15	-0.30	-0.23	0.42	1.00			
Pb	0.10	0.22	0.69	-0.25	-0.14	-0.16	0.06	0.07	0.09	-0.22	-0.25	0.53	0.97	1.00		
Th	0.05	-0.43	0.58	0.27	-0.53	-0.47	0.38	0.44	0.05	-0.36	-0.11	0.55	0.33	0.38	1.0	
U	-0.09	0.10	0.25	-0.17	0.07	0.04	0.50	0.48	0.37	-0.27	-0.40	0.48	0.76	0.80	0.2	1.0

الجدول 2: معامل الإرتباط في محتوى الأسماك من الملوثات الكيميائية والإشعاعية.

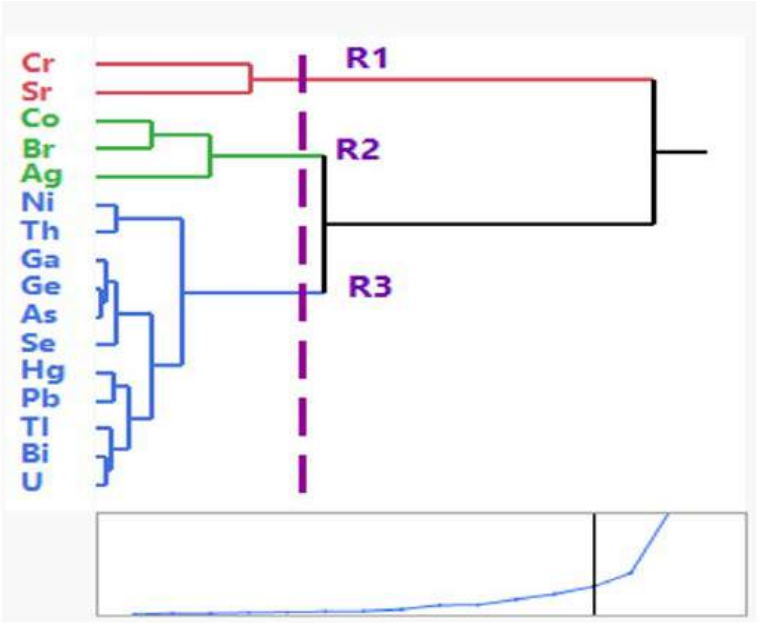
	Cr	Co	Ni	Ga	Ge	As	Se	Br	Sr	Ag	Cd	Hg	Tl		Pb	Th	U
Cr	1.00																
Co	0.29	1.00															
Ni	-0.91	-0.39	1.00														
Ga	-0.41	0.19	0.43	1.00													
Ge	-0.26	0.16	0.47	0.24	1.00												
As	-0.80	-0.52	0.94	0.24	0.60	1.00											
Se	-0.30	0.41	0.44	0.36	0.27	0.24	1.00										
Br	-0.62	-0.12	0.49	-0.18	0.49	0.59	-0.14	1.00									
Sr	-0.98	-0.40	0.94	0.46	0.33	0.86	0.21	0.60	1.00								
Ag	-0.82	-0.71	0.79	0.21	-0.13	0.70	0.09	0.31	0.84	1.00							
Cd	-0.11	-0.02	-0.09	-0.19	-0.82	-0.32	0.21	-0.24	-0.04	0.34	1.00						
Hg	0.45	0.18	-0.38	0.46	-0.45	-0.53	0.13	-0.94	-0.42	-0.23	0.20	1.00					
Tl	-0.78	0.15	0.56	0.65	-0.08	0.29	0.40	0.24	0.70	0.56	0.40	0.01	1.00				
Pb	-0.68	0.01	0.66	0.92	0.13	0.43	0.48	-0.04	0.69	0.54	0.07	0.30	0.83		1.00		
Th	-0.76	-0.26	0.70	0.25	0.62	0.77	-0.13	0.87	0.81	0.46	-0.46	-0.70	0.38		0.33	1.00	
U	-0.85	-0.36	0.91	0.15	0.62	0.96	0.25	0.77	0.87	0.64	-0.26	-0.71	0.37		0.36	0.85	1.0

الجدول 3: معامل الإرتباط في محتوى الراوسب النهر من الملوثات الكيميائية والإشعاعية.

نتائج التحليل الإحصائي

بعد إدخال نتائج التحاليل للعناصر المشعة والعناصر الكيميائية ومعاملتها مع البرنامج الإحصائي JMP تم الحصول على ثلاث مجاميع عنقودية لتجمعات العناصر إستناداً إلى التشابه بمصادرها التي إشتقت منها. والمجاميع العنقودية هي R1، R2، R3 (كما موضح بالشكل رقم 4). المجموعة الأولى R1 متمثلة بالعناصر Cr، Sr. أن مصادر التلوث المحتملة لإطلاق وإنتاج هذين العنصرين هي المخلفات الإشعاعية وأيضا المخلفات النفطية. المجموعة العنقودية الثانية هي R2 وتكون متمثلة بتجمع العناصر Ag، Br،Co وهذه العناصر تنتج من مصادر طبيعية بالدرجة الأساس وكذلك تنتج من مصادر أخرى مرتبطة بالأنشطة البشرية ان عنصري الكوبالت والبروماید يشتقان من الأسمدة. إستخدام الأسمدة في المناطق الزراعية القريبة من شط العرب أدى إلى إنتشار هذه الملوثات في مياه نهر شط

العرب وبالتالي تركيزها في أنسجة عينات الأسماك المدروسة في هذه الدراسة. المجموعة العنقودية الأخيرة هي R3 تتمثل بالعناصر المشعة U،Bi ، Ni، Th، Ge، Ga، As، Se، Hg، Pb، Tl. أن هذه العناصر ناتجة من مصادر متعلقة بالملوثات الإشعاعية فالمصدر المرجح الرئيسي لهذه العناصر هي مخلفات المستشفيات الإشعاعية، التي تطرح مخلفاتها السائلة إلى مياه نهر شط العرب ومن غير تنقية أو معالجة فاعلة للتخلص من هذه الملوثات وكم هو مبين بالشكل رقم 1 حيث هناك العديد من المستشفيات القريبة من ضفاف نهر شط العرب.



الشكل 4: مرتسم التحليل العنقودي يبين تجمع العناصر المشعة والكيميائية المدروسة في هذه الدراسة ثلاثة مجاميع هي R1 R2 R3.

الإستنتاجات

المشكلة البيئية المعقدة المتمثلة في التلوث الناجم عن المخلفات الطبية الإشعاعية وتلوث الأنهار تتطلب العديد من الإعتبارات. الدراسة التي أجريت أظهرت تبايناً في تركيزات المعادن في مواقع متنوعة على طول نهر شط العرب، مما يمكن أن يعكس الإختلافات في مصادر التلوث والعوامل البيئية في هذه المواقع. المعادن الرئيسية التي تم تحليلها في الدراسة هي الكروم(Cr) ، الكوبالت(Co) ، النيكل(Ni) ، الكادميوم(Cd) ، واليورانيوم(U) ، والتي قد تأتي من مصادر متنوعة بما في ذلك التلوث الصناعي والزراعي والمنزلي. تم العثور على إرتباطات قوية بين بعض المعادن، مما يشير إلى أنها قد تأتي من مصادر تلوث مشتركة أو أنها قد تتفاعل مع بعضها البعض في البيئة. الدراسات السابقة أظهرت أن الأسماك يمكن أن تتراكم المعادن في أنسجتها، مما يمكن أن يكون له تأثيرات صحية على الأسماك نفسها وعلى الكائنات التي تتغذى على الأسماك بما في ذلك البشر. أن التحليل العنقودي أعطى دلالات قوية على المصادر المتعددة للعناصر المدروسة بهذه الدراسة وأن هذه المصادر هي مرتبطة بالإساس بالأنشطة البشرية في المناطق القريبة من نهر شط العرب. ولهذا هناك حاجة إلى مزيد من البحث لفهم تأثيرات هذه العناصر على البيئة والحياة البرية والصحة البشرية، ولتطوير إستراتيجيات للحد من التلوث بالمعادن والملوثات الإشعاعية في نهر شط العرب. التخلص غير السليم من المخلفات الطبية الإشعاعية قد يؤدي إلى تلوث البيئة، بما في ذلك الأنهار. يمكن أن يؤدي التلوث الإشعاعي إلى تأثيرات بيئية طويلة الأمد، بما في ذلك تأثيرات سلبية على الحياة البرية. من الضروري التخلص السليم من المخلفات الطبية الإشعاعية بإستخدام طرق آمنة وفعالة، مثل التخزين العميق والحرق السليم لمنع إبتعاث الغازات السامة. التعامل مع المخلفات الطبية الإشعاعية يتطلب رصداً وتنظيماً دقيقاً، والذي يمكن أن يشمل الرصد الدوري لمستويات الإشعاع وفحص الأنهار للكشف عن أي تلوث إشعاعي.

رغد سلمان محمد: وزارة العلوم والتكنولوجيا/ دائرة البحوث الزراعية.

هند فاضل عبد الله: جامعة بغداد / كلية العلوم/ قسم علم الأرض.

أميرة حنون عطية: وزارة العلوم والتكنولوجيا/ دائرة البحوث الزراعية دائرة

References:

1. Dhara, S., Mishra, N.L. (2024). Total Reflection X-ray Fluorescence: Suitability and Applications for Material Characterization. In: Ningthoujam, R.S., Tyagi, A.K. (eds) Handbook of Materials Science, Volume 1. Indian Institute of Metals Series. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-99-7145-9_23.

2. Peter Wobrauschek, Christina Streli; Total reflection x-ray fluorescence analysis with synchrotron radiation and other sources for trace element determination. *AIP Conf. Proc.* 20 January 1997; 389 (1): 233–248. https://doi.org/10.1063/1.52245.

3. Chang, C.H., Koo, Y.M. & Padmore, H. Total reflection X-ray fluorescence spectroscopy using synchrotron radiation for trace impurity analysis of silicon wafer surfaces. *Metals and Materials* **2**, 23–29 (1996). https://doi.org/10.1007/BF03025943.

4. Al-Imarah, F.J.M., Al-Saad, H.T. (2021). Oil Pollution in the Shatt Al-Arab River and its Estuary 1980–2018. In: Jawad, L.A. (eds) Tigris and Euphrates Rivers: Their Environment from Headwaters to Mouth. Aquatic Ecology Series, vol 11. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-57570-0_11.

5. Zrafi I, Hizem L, Chalghmi H, Ghrabi A, Rouabhia M, Saidane-Mosbahi D (2013) Aliphatic and aromatic biomarkers for petroleum hydrocarbon investigation in marine sediment. Journal of Petroleum Science Research (JPSR), 2(4):146–155. Research for Multidisciplinary 2(2):729–739.

6. Al-Mishery MK, Jaafar RS, Al-Dossary MA. Microbes as Bioindicatos for Contamination of Shatt Al-Arab Sediments in Basra, Iraq. J Pure Appl Microbiol. 2021;15(3):1362-1370. doi: 10.22207/JPAM.15.3.26.

7. Abdullah, A. D., Masih, I., van der Zaag, P., Karim, U. F., Popescu, I., & Al Suhail, Q. (2015). Shatt Al Arab River system under escalating pressure: a preliminary exploration of the issues and options for mitigation. International Journal of River Basin Management, 13(2), 215–227.

8. Al-Aesawi, Q., Al-Nasrawi, A. K. M., & Jones, B. G. (2020). Short-term geoinformatics evaluation in the Shatt Al-Arab delta (northwestern Arabian/Persian Gulf). Journal of Coastal Research. https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-19-00110.1.

9. Al-Asadi, S. A. (2017). The future of freshwater in Shatt Al-Arab River (southern Iraq). Journal of Geography and Geology, 9(2), 24–38. https://doi.org/10.5539/jgg.v9n2p24.

10. Yassein, B. R., Al Asaady, K. A., Kazem, A. A., & Chaichan, M. T. (2016). Environmental impacts of salt tide in Shatt al-Arab-Basra/Iraq. IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology, 10(1–2), 35–43. http://un.uobasrah.edu.iq/papers/30.pdf.

11. Kadhim, A.A., Shortridge, A. & Al-Nasrawi, A.K.M. Causes and consequences of environmental degradation along the Shatt Al–Arab River: a coupled human and natural systems (CHANS) perspective. GeoJournal 86, 2709–2722 (2021). https://doi.org/10.1007/s10708-020-10225-0.

12. Mahmood, A. A., Eassa, A. M., Muayad, H. M., & Israa, Y. S. (2013). Assessment of ground water quality at Basrah, Iraq, by water quality index (WQI). Journal of University of Babylon, 21(7), 2531–2543.

13. Al-Saaidy, Z. (2008). The potentials and the agricultural production in Basrah during (1990–2006) and it’s developing procedures in future. Dissertation, University of Basrah, College of Administration and Economics.

14. Al-Isawi, I. (2011). The geographic potentialities in Shatt Al-Arab district and their suitability for planting the suggested field produce. Dissertation, University of Basrah, College of Arts.
15. World Health Organisation (WHO), 1989. Report of 33rd meeting, Joint FAO/WHO Joint ExpertCommittee on Food Additives, Toxicological evaluation of certain food additives and contami-nants No. 24, International Programme on Chemical Safety, WHO, Geneva.
16. Al-Gburi, H. F. A., Al-Tawash, B. S., & Al-Lafta, H. S. (2017). Environmental assessment of Al-Hammar Marsh, Southern Iraq. *Heliyon*, *3*(2). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2017.e00256.
17. Yasser, A. G., & Naser, M. D. (2011). Impact of pollutants on fish collected from different parts of Shatt Al-Arab River: a histopathological study. Environmental monitoring and assessment, 181(1-4), 175–182. https://doi.org/10.1007/s10661-010-1822-8.
18. FAO,Compilation.of.legal.limits.for.hazardous.substances.in.fish. and.fishery.products,FAOFishCirc.No.464,FoodandAgricultureOrganization,1983,pp.5100.M.Turkmen,A.Turkmen,Y.Tepe,Metalcontaminationsin.five.fish.species.from.black,Marmara,Aegan.and.Mediterranean. Seas,J.Chil.Chem.Soc.53 (1) (2008).
19. Montazeri, A., Mazaheri, M., Morid, S., & Mosaddeghi, M. R. (2023). Effects of upstream activities of Tigris-Euphrates River Basin on water and soil resources of Shatt al-Arab Border River. The Science of the total environment, 858(Pt 1), 159751. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159751.
20. Allafta, H., & Opp, C. (2020). Spatio-temporal variability and pollution sources identification of the surface sediments of Shatt Al-Arab River, Southern Iraq. Scientific reports, 10(1), 6979. https://doi.org/10.1038/s41598-020-63893-w.
21. Abdullah, S. K., & Hassan, D. A. (1995). Isolation of dermatophytes and other keratinophilic fungi from surface sediments of the Shatt Al-Arab River and its creeks at Basrah, Iraq. Mycoses, 38(3-4), 163–166. https://doi.org/10.1111/j.1439-0507.1995.tb00042.x.

22. Patiris, D. L., Tsabaris, C., Anagnostou, C. L., Androulakaki, E. G., Pappa, F. K., Eleftheriou, G., & Sgouros, G. (2016). Activity concentration and spatial distribution of radionuclides in marine sediments close to the estuary of Shatt al-Arab/Arvand Rud River, the Gulf. Journal of environmental radioactivity, 157, 1–15. https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2016.02.025.

23. Pe ´rez, C.A., Radtke, M., Sa´nchez, H.J., Tolentino, H., Neuenshwander, R.T., Barg, W., Rubio, M., Bueno, M.I.S., Raimundo, I.M., Rohwedder, J.J.R., 1999. Synchrotron radiation X-Ray fluorescence at the LNLS: beam line instrumentation and experiments. X-ray Spectrom. 28 (5), 320–326.

24. Rushdi, A. I., Simoneit, B. R., Douabul, A. A., Al-Mutlaq, K. F., El-Mubarak, A. H., Qurban, M., & Goni, M. A. (2014). Occurrence and sources of polar lipid tracers in sediments from the Shatt al-Arab River of Iraq and the northwestern Arabian Gulf. The Science of the total.environment,470-471,180–192.
https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.09.048

25. DouAbul, A. A., Al-Saad, H. T., & Al-Rekabi, H. N. (1987). Residues of organochlorine pesticides in environmental samples from the Shatt al-Arab River, Iraq. Environmental pollution (Barking, Essex : 1987), 43(3), 175–187. https://doi.org/10.1016/0269-7491(87)90154-0

26. P.S. Hooda, Trace Elements in Soils, John Wiley & Sons Ltd, London, 2010, pp. 596.

أخبار عربية وعالمية

إنتخاب السعودية والأردن لعضوية مجلس محافظي وكالة الطاقة الذرية*

إنتخب المؤتمر العام للوكالة الدولية للطاقة الذرية في دورته الـ 69، المنعقدة في فيينا، السعودية والأردن إضافة إلى 9 دول أخرى لعضوية مجلس محافظي الوكالة للفترة بين 2025 و2027.

وقالت وكالة الأنباء السعودية الرسمية (واس) إن المؤتمر العام للوكالة الدولية للطاقة الذرية في دورته الحالية الـ 69، المنعقدة في فيينا، إنتخب المملكة العربية السعودية، لتصبح عضوا في مجلس محافظي الوكالة ضمن الدول الأعضاء في المجلس خلال دورته القادمة حتى عام 2027.

وأشارت الوكالة السعودية إلى أن المرة الأخيرة التي شغلت المملكة مقعداً في مجلس المحافظين هي خلال الفترة من 2022 إلى 2024.

وإعتبرت أن إنتخاب المملكة لعضوية المجلس يأتي تأكيدا لثقة المجتمع الدولي في دورها الفعال والبناء، وسعيها المستمر لتعزيز التعاون الدولي الرامي إلى توجيه الطاقة الذرية إلى خدمة التنمية والسلام العالميين.

من جانبها، أشارت وزارة الخارجية الأردنية، في بيان، إلى إنتخاب الأردن بالتزكية عضواً في مجلس محافظي الوكالة الدولية للطاقة الذرية لمدة عامين (2025–2027) وذلك خلال أعمال المؤتمر العام للوكالة المنعقد حاليا في فيينا.

* المصدر: موقع الجزيرة، وكالة الأناضول بتاريخ 2025/09/20.

وقال متحدث الوزارة فؤاد المجالي إن ذلك يعكس المكانة المرموقة التي تحظى بها بلاده دوليا، ويؤكد ثقة المجتمع الدولي الكبيرة بقدرتها على الإسهام الفاعل في تعزيز منظومة نزع السلاح ومنع الإنتشار النووي، وفق البيان.

وجدّد المجالي التأكيد على إلتزام المملكة الراسخ بدعم عمل الوكالة الدولية للطاقة الذرية، والاستمرار في التعاون مع الشركاء الدوليين لضمان الإمتثال الكامل لمعاهدة منع الإنتشار النووي، والعمل على تحقيق عالمية المعاهدة، خصوصا في الشرق الأوسط، من خلال إنشاء منطقة خالية من الأسلحة النووية وغيرها من أسلحة الدمار الشامل، وإخضاع جميع منشآت دول المنطقة النووية لنظام الضمانات الشامل التابع للوكالة.

وقالت الوكالة –في بيان لها أمس الجمعة– أنه "تم إنتخاب 11 بلدا جديدا لعضوية مجلس محافظي الوكالة الدولية للطاقة الذرية، المؤلف من 35 عضوا، للفترة بين 2025–2027".

وأضافت أن الإنتخاب جرى أمس الجمعة، خلال الجلسة العامة للمؤتمر العام التاسع والستين للوكالة الدولية للطاقة الذرية.

وأوضحت أن الأعضاء الجدد المنتخبين في المجلس هم" بلجيكا وتشيلي والأردن وليتوانيا والنيجر وبيرو والفلبين والبرتغال ورومانيا والمملكة العربية السعودية، وتوغو"، وأشارت إلى أن مجلس المحافظين سينعقد الإثنين المقبل لإنتخاب هيئة مكتبه. ومجلس المحافظين هو أحد جهازي تقرير السياسات في الوكالة الدولية للطاقة الذرية، إلى جانب المؤتمر العام السنوي للدول الأعضاء في الوكالة.

ويدرس مجلس المحافظين البيانات المالية للوكالة وبرنامجها وميزانيتها، ويقدِّم توصيات إلى المؤتمر العام بشأنها، وينظر في طلبات العضوية ويوافق على إتفاقات

الضمانات ونشر معايير الأمان الصادرة عن الوكالة، كما يُعيِّن مجلس المحافظين المدير العام للوكالة بموافقة من المؤتمر العام.

الوكالة توقِّع إتفاقاً مع قطر للتوسع في إمكانات علاج السرطان في الشرق الأوسط*

وقَّعت الوكالة الدولية للطاقة الذرية (الوكالة) يوم الأربعاء 24 أيلول/ سبتمبر شراكة بقيمة 600 000 دولار مع صندوق قطر للتنمية لدعم مشاريع التعاون التقني، بما في ذلك بهدف تعزيز خدمات الطب الإشعاعي في سوريا.

ووقع الإتفاق السيد فهد حمد السليطي، المدير العام لصندوق قطر للتنمية، والمدير العام للوكالة السيد رافائيل ماريانو غروسي، بحضور سعادة الدكتورة مريم بنت علي بن ناصر المسند، وزيرة الدولة للتعاون الدولي ونائب رئيس مجلس إدارة صندوق قطر للتنمية، وذلك على هامش أعمال الجمعية العامة للأمم المتحدة. وسوف يسهم الإتفاق في توفير خدمات التصوير التشخيصي المتقدمة القائمة على الطب النووي في مستشفى البيروني بدمشق. ومن المتوقع أن يستفيد من هذا الدعم أكثر من 3000 مريض كل عام.

وهذا الإتفاق هو الأول بين الوكالة وصندوق قطر للتنمية، وهو كيان حكومي مسؤول عن جهود دولة قطر في مجال التنمية الدولية والإعانات الخارجية التي تقدمها في هذا الصدد.

ومنذ عام 2022، تعمل الوكالة من خلال مبادرة أشعة الأمل على دعم البلدان ذات الدخل المنخفض والمتوسط من أجل تعزيز خدمات مكافحة السرطان. وحتى الآن، تجاوز عدد البلدان التي طلبت الدعم 90 بلداً، وحشدت الجهات المانحة والشركاء في المبادرة أكثر من 90 مليون يورو.

* المصدر: الوكالة الدولية للطاقة الذرية بتاريخ 2025/10/10.

المدير العام يزور سوريا من أجل توطيد التعاون في مجالات الضمانات، ورعاية مرضى السرطان، والأمن الغذائي*

زار المدير العام للوكالة سوريا الأسبوع الماضي من أجل توضيح المسائل المتبقية المتعلقة بالضمانات ولدعم البلد في إستخدام العلوم والتكنولوجيا النووية في مجال الصحة البشرية — ولا سيما مكافحة السرطان — وفي مجال الأغذية والزراعة.

إلتقى السيد غروسي بالرئيس أحمد الشرع في دمشق في 4 حزيران/يونيه وأقر "بشجاعته في التعاون بشفافية تامة من أجل إغلاق فصل من ماضي سوريا كانت فيه الموارد اللازمة لتنمية البلد تُحوَّل عن هذا المسار."

أضاف السيد غروسي قائلاً: "مع وجود حكومة جديدة ملتزمة بالتعاون مع المجتمع الدولي، أمامنا الآن فرصة لتسوية المسائل العالقة." وأتاح الرئيس الشرع إمكانية " الوصول فوراً وبلا قيود" إلى المواقع ذات الصلة بعمليات التفتيش، وأكَّد المدير العام أنَّ أفرقة الوكالة أجرت أنشطة تحقق خلال زيارته هذه.

كما أعلن السيد غروسي، في إجتماعه مع الرئيس السوري، عن برنامج شامل لدعم البلد بتوفير المعدات الطبية والتدريب للمستشفيات، فضلاً عن تقديم المساعدة في الزراعة وإدارة المياه. كما بحث الطرفان إمكانية إستخدام القوى النووية في سوريا.

إلتقى السيد غروسي أيضا، خلال هذه الزيارة، بوزير الخارجية والمغتربين، السيد أسعد الشيباني، ووقَّع معه مذكرة تفاهم لتوطيد التعاون في مجالي الأمن الغذائي ومكافحة السرطان. وستدعم الوكالة سوريا بتوفير المعدات الطبية والتدريب للمستشفيات، وكذلك بتقديم المساعدة في مجال الأغذية والزراعة لتحسين سلامة الأغذية وأمنها.

ستواصل الوكالة دعم بناء القدرات من خلال تقديم دورات تدريبية إكلينيكية للعاملين المحليين من أخصائيي الأورام والفيزيائيين الطبيين وأخصائيي تكنولوجيا

* المصدر: الوكالة الدولية للطاقة الذرية بتاريخ 2025/06/11.

العلاج الإشعاعي بإنتظار وصول آلة التشعيع الداخلي إلى مستشفى البيروني.

ولقد كانت بعثة السيد غروسي إلى سوريا الأسبوع الماضي ممكنة بفضل الدعم اللوجستي الذي قدمته الحكومة الإيطالية.

الأمم المتحدة: نزع السلاح النووي ليس مكافأة للسلام، بل أساسه*

"الأسلحة النووية تواصل تهديد عالمنا"، هكذا إستهل الأمين العام للأمم المتحدة، أنطونيو غوتيريش كلمته للتذكير بهذا التهديد في إجتماع رفيع المستوى لإحياء اليوم الدولي للإزالة الكاملة للأسلحة النووية، مشددا على أن نزع السلاح النووي ليس مكافأة للسلام، بل هو أساسه.

وفي الكلمة التي ألقاها نيابة عنه رئيس ديوان مكتبه، إيرل كورتيناي راتراي، قال غوتيريش إن الإزالة التامة للأسلحة النووية لن تحدث بين عشية وضحاها، مضيفا أن "هذا لن يحدث أبدا إذا استمرينا في إنتظار الظروف المثالية. كفى أعذاراً. كفى تأخيراً". وحذر من أننا نرى في كل يوم أسلحة أحدث وأكثر خطورة، ومعايير تتآكل، وحوارا يتلاشى، مضيفا: "نحن نسير نياماً نحو سباق تسلح نووي جديد أكثر تعقيدا، وأقل قابلية للتنبؤ، وأكثر خطورة".

وأشار إلى اللجنة العلمية المستقلة لتقييم آثار الحرب النووية، التي عينها، وتحمل على عاتقها ضمان أن يكون الرد الجماعي على المخاطر النووية مبنيا على أدلة علمية دقيقة.

صرح أمين عام الأمم المتحدة على لسان رئيس ديوان مكتبه إنه يجب على الدول التي تمتلك الأسلحة النووية العودة إلى الحوار، وأن تعتمد وتطبق تدابير الشفافية وبناء الثقة لمنع أي سوء تقدير كارثي.

* المصدر: الوكالة الدولية للطاقة الذرية بتاريخ 2025/09/26.

وحث الولايات المتحدة وروسيا على التفاوض بشأن مزيد من تخفيضات الترسانة. وأضاف: "هذه الخطوات وحدها لن تبني عالماً خالياً من الأسلحة النووية. ولكن بدونها، نسلم مستقبلنا للخوف، ونسكت وعد السلام. وإذا تعثرنا الآن، فإننا نحكم على الأجيال القادمة بالعيش إلى الأبد في ظل أخطائنا".

أخبار الهيئة

إجتماعات الخبراء

1 ـ إجتماع خبراء لاقتراح مشروع "الإدارة الشاملة للمواد المشعة الطبيعية المنشأ في الصناعة. تونس- الجمهورية التونسية: 24-2025/11/26.

نظمت الهيئة العربية للطاقة الذرية إجتماعاً للخبراء لاقتراح مشروع "الإدارة الشاملة للمواد المشعة الطبيعية المنشأ في الصناعة" خلال الفترة: 24 – 2025/11/26. يأتي هذا الاجتماع تنفيذاً لمقررات اللجنة التوجيهية بتحديد الأولويات لاقتراح المشاريع والخطط التنفيذية للاستراتيجية العربية للاستخدامات السلمية للطاقة الذرية واعتبار أن "إيجاد آلية في مجال إدارة النفايات المشعة طبيعية المنشأ (النورم)" كأولوية رقم واحد في محور الأمن الغذائي والموارد المائية والبيئة. كما يتطرق هذا الاجتماع الى مناقشة مصادر النورم في الدول الأعضاء وتحديد احتياجات هذه الدول لمتطلبات الإدارة الشاملة لمخلفات النورم في صناعة النفط والغاز وتحلية المياه وصناعة الفوسفات. وإمكانية صياغة هذه الاحتياجات كمسودة لمشروع عربي متكامل لادارة النورم.

يهدف هذا المشروع إلى:

1. مساعدة الدول العربية المشاركة على وضع استراتيجيات ملموسة لإدارة نفايات المواد المشعة الطبيعية (NORM) والتواصل فيما بينها.

2. دعم الدول المشاركة لتحسين قدراتها وبنيتها التحتية، ووضع سياسة واستراتيجية وطنية لإدارة نفايات المواد المشعة الطبيعية (NORM)، وتسهيل تنفيذ خيارات المعالجة والتخلص منها.

3. إنشاء منصة عربية لتبادل الخبرات والمعلومات على غرار منصة الوكالة الدولية للطاقة الذرية ENVIRONET.

وقد شارك في الاجتماع أربعة خبراء عرب ممثلين للدول الأعضاء في الهيئة العربية للطاقة الذرية: جمهورية العربية السورية، جمهورية العراق، دولة ليبيا، دولة الكويت، في حين مثل الهيئة العربية الأستاذ الدكتور فراس العلي الخبير المشرف على قسمي الطاقة النووية والأمن والأمان النوويين، والسيد محمد العمري / خبير العلاقات الدولية بالهيئة.

إفتتح الدكتور فراس العلي الاجتماع مرحباً بالمشاركين وتطرق إلى أهمية صياغة مشروع عربي لادارة شاملة لمخلفات النورم في الدول العربية وللحالات الرئيسية الشائعة في البلدان الأعضاء وهي النفط والغاز، صناعة الفوسفات إضافة الى تحلية المياه. كما نوه الى أن التخطيط إلى إدارة النورم يجب أن تكون ضمن ما يسمى الاقتصاد الدائري وليس الخطي وأن يُستند في التخطيط إلى تنفيذ النشاطات الصناعية مستقبلا الى مفهوم "صفر نفايات" Zero Waste إضافة الى فقرات إعادة التدوير، إعادة الاستخدام وتخفيف النفايات.

وفي خلال جلسات هذا الاجتماع تم استعراض حالة النورم في كل من الدول الأعضاء: سوريا، العراق، ليبيا، الكويت. إضافة الى جمع وتوحيد البيانات الخاصة بمخلفات النورم في هذه الدول. تم صياغة ومراجعة مسودة البرنامج العربي للإدارة الشاملة للنورم.

وفي ختام جلسات هذا الاجتماع وبعد المداولات العلمية والنقاشات المثمرة، خلص الاجتماع إلى مجموعة من التوصيات العملية، أبرزها:

1. مسودة برنامج عربي للإدارة الشاملة للمواد المشعة الطبيعية المنشأ تحت عنوان **"Project Title: Holistic Approach to Management of Naturally Occurring Radioactive Material (NORM) Within Arab Countries".**
2. قاعدة بينات للنورم في الدول العربية.
3. اقتراح إنشاء منصة عربية تخص المشروع باسم ARABNORMNET على غرار منصة الوكالة ENVIRONET . وتتركز الأهداف في:

– تعزيز التعاون العربي وتبادل المعارف واعتماد أفضل الممارسات في مجال معالجة النورم.

– دعم الدول الأعضاء في التغلب على التعقيدات وتعزيز جميع مراحل دورة حياة إدارة النورم: من التخطيط إلى التنفيذ والرصد وإدارة الموقع على المدى الطويل.

– تنسيق الدعم للمنظمات والدول الأعضاء من خلال توفير الوصول إلى المهارات والمعارف والأساليب الإدارية والخبرة الفنية ذات الصلة بإدارة ومعالجة النورم.

– تقديم أنشطة تدريبية وتوضيحية ذات تركيز إقليمي أو مواضيعي، وتوفير خبرة عملية موجهة للمستخدمين، ونشر التقنيات المجربة والناشئة.

– تسهيل التبادل العربي للمعارف والخبرات بين المنظمات التي لديها برامج معالجة متقدمة، وتشجيع تحديد الممارسات الجيدة واعتمادها.

– دعم إدارة المعرفة على المدى الطويل من خلال جمع الدروس المستفادة، ومعالجة العمليات السابقة غير السليمة، وضمان استدامة خبرات المعالجة.

2 ـ اجتماع خبراء حول "استخدام الاشعاع في تطوير اللقاحات". تونس – الجمهورية التونسية: 06-2025/10/08.

في إطار سعي الهيئة العربية للطاقة الذرية لتعزيز الاستخدامات السلمية للطاقة النووية في المجالات الصحية والبحثية، وبهدف دعم الأمن الصحي في المنطقة العربية، نظّمت الهيئة العربية للطاقة الذرية إجتماعاً للخبراء حول "استخدام الإشعاع في تطوير اللقاحات"، خلال الفترة: 06–2025/10/08، بمدينة الحمّامات، الجمهورية التونسية.

وقد جاء هذا الاجتماع في ظل التحديات الصحية المتزايدة الناجمة عن الأوبئة والأمراض العابرة للحدود، والتي تتطلب حلولاً علمية مبتكرة في مجال اللقاحات. وتمثل تقنيات التشعيع إحدى هذه الحلول الواعدة، لقدرتها على تعطيل العوامل الممرضة دون التأثير على خصائصها المناعية، مما يتيح تطوير لقاحات آمنة وخالية من المخلّفات الكيميائية، تُعد بديلاً متقدماً عن الطرق التقليدية في التضعيف أو التعطيل.

ويُعد هذا الاجتماع خطوة أولى نحو إدراج محور "اللقاحات المصنعة باستخدام الإشعاع" ضمن خطة عمل الهيئة للفترة 2026–2028، كما يهدف إلى بلورة رؤية عربية موحدة في هذا المجال الحيوي.

تضمن البرنامج العلمي للاجتماع الأهداف الرئيسة التالية:

❖ تقييم القدرات الفنية والبشرية لمراكز التشعيع والمراكز البحثية العربية، وإمكانية استثمارها في إنتاج وتقييم اللقاحات المُعطلة بالإشعاعات.

❖توثيق الجهود الوطنية القائمة وتبادل أفضل الممارسات في مجال تطوير اللقاحات المعطلة بالإشعاعات.

❖تعزيز التنسيق الإقليمي بين الدول العربية في مجالات البحث والتطوير ذات الصلة.

❖صياغة توصيات استراتيجية وعملية لدعم برامج الأمن الصحي العربي، بالتعاون مع المنظمات الدولية ذات الصلة، ولا سيما:

- الوكالة الدولية للطاقة الذرية (IAEA).
- منظمة الأغذية والزراعة (FAO).
- المنظمة العالمية للصحة (WHO).
- المنظمة العالمية لصحة الحيوان (WOAH).

وقد شارك في الاجتماع خمسة خبراء عرب ممثلين للدول الأعضاء في الهيئة العربية للطاقة الذرية: جمهورية مصر العربية، جمهورية العراق، دولة ليبيا، الجمهورية الإسلامية الموريتانية، الجمهورية التونسية، أيضاً خبيرين من دولة قطر وممثل عن الهيئة، بالإضافة إلى مشاركة خمسة خبراء دوليين عن بعد.

إتسمت الجلسات العلمية للاجتماع بطابع علمي تفاعلي، حيث عرض كل وفد وطني الجهود البحثية والتطبيقية في مجال تطوير اللقاحات باستخدام تقنيات التشعيع، بما في ذلك القدرات المتوفرة في مراكز التشعيع والبحوث ذات العلاقة بتقييم فاعلية اللقاحات المُصنعة بالإشعاعات، والنتائج العلمية المحققة، والآفاق المستقبلية.

كما تناول المشاركون التحديات التي تواجه إدماج هذه التقنية في منظومات البحث والتطوير الوطنية، مثل ضعف التمويل البحثي، الحاجة إلى أطر تنظيمية واضحة، وضرورة بناء القدرات البشرية المتخصصة.

وقدّمت الهيئة العربية للطاقة الذرية عرضًا شاملًا حول الاستراتيجية المستقبلية لتوظيف التطبيقات النووية في تعزيز الصحة العامة والأمن الحيوي، مع اقتراح إنشاء منصة عربية للتعاون العلمي في مجال اللقاحات المصنعة بإستعمال تقنيات التشعيع.

وفي ختام جلسات هذا الاجتماع وبعد المداولات العلمية والنقاشات المثمرة، خلص الاجتماع إلى مجموعة من التوصيات العملية، أبرزها:

- تبني مشروع عربي في مجال تطوير اللقاحات باستخدام تقنيات التشعيع، من قبل الهيئة العربية للطاقة الذرية والمركز الوطني للعلوم والتكنولوجيا النووية بتونس بالتعاون مع الوكالة الدولية للطاقة الذرية، على غرار المشروع التونسي (http://www.aquavac-ir.tn) TUN5032 مع الوكالة.
- إعداد الهيئة العربية للطاقة الذرية لمسودة إطار تشريعي وتنظيمي عربي استرشادي لتنظيم إنتاج وتسجيل واعتماد اللقاحات المعطلة باستعمال تقنيات التشعيع، وذلك بالتعاون مع الجهات العربية والدولية ذات الصلة.
- تنظيم اجتماعات خبراء لمتابعة تطور المشروع العربي لتطوير اللقاحات باستخدام تقنيات التشعيع.
- اقتراح تأسيس شبكة عربية RAYS4VACCINES للبحث والتطوير في مجال اللقاحات المصنعة بإستعمال تقنيات التشعيع، تُعنى بتبادل المعرفة والخبرات والمشاريع المشتركة.

وقد أكد الخبراء على أهمية مواصلة الجهود الجماعية لتعزيز البحث والتطوير في مجال اللقاحات المصنعة بإستعمال تقنيات التشعيع، بما يضمن توظيف التقنيات النووية في خدمة الأمن الصحي العربي والسيادة العلمية في مواجهة الأوبئة المستقبلية.

الأنشطة التدريبية

1 ـ دورة تدريبية حول "إستخدام التقنات النووية لإثراء التنوع الوراثي النباتي وصون الموارد الوراثية النباتية وتطبيقاتها في إنتاج أصناف مستأنسة". عمان-المملكة الأردنية الهاشمية: 20-2025/07/24.

نظمت الهيئة العربية للطاقة الذرية وبالتعاون مع المركز الوطني للبحوث الزراعية في المملكة الأردنية الهاشمية، دورة تدريبية حول "إستخدام التقنات النووية لإثراء التنوع الوراثي النباتي وصون الموارد الوراثية النباتية وتطبيقاتها في انتاج أصناف مستأنسة"، وذلك في عمان – المملكة الأردنية الهامشية خلال الفترة: 20–2025/07/24.

هدفت هذه الدورة إلى إتاحة الفرصة لعدد من العلميين والفنيين المختصين في الدول العربية والعاملين في مجال البحوث الزراعية للتعرّف على التطبيقات الحديثة للتقنيات النووية والحيوية في تحسين وإنتاج محاصيل نباتية ملائمة للإجهادات البيئية. كما تشمل الدورة أيضا التدريب على إستحداث الطفرات كأداة لتحسين الإنتاج النباتي وكيفية تربية الطفرات المتحملة للجفاف والملوحة مع إتاحة الفرصة للمشاركين العرب لطرح تجارب بلدانهم في هذا المجال والاستفادة من الخبراء المشاركين. وقد حضر الدورة 18 مشاركًا، من 8 دول عربية: العراق واليمن وتونس والعراق وفلسطين ومصر ولبنان والأردن.

أفتتح الجلسة الأستاذ الدكتور د. ابراهيم الرواشده مدير المركز والأستاذ الدكتور طارق المغربي ممثل الهيئة العربية للطاقة الذرية والأستاذ الدكتور نوال الحجاج المشرف المحلى وبحضور المشاركين وعدد من السادة المحاضرين أعمال الدورة التدريبية. بالكلمات تضمنت أهمية عقد هذه الدورة التدريبية وذلك تحقيقاً للاستراتيجية

العربية للاستخدامات السلمية للطاقة الذرية وتعزيز التعاون العربي المشترك والمساهمة في رفع إنتاجية الأرض الزراعية.

تضمن البرنامج العلمي للدورة 27 ساعة من المحاضرات النظرية والدروس العملية والحلقات النقاشية وذلك على مدى 5 أيام، وفق الموضوعات الآتية:

1. الأمن الغذائي العربي والفجوة الغذائية.
2. التغيرات المناخية وآثارها على الأمن الغذائي.
3. دور المؤسسات العربية والدولية في المحافظة على الموارد الوراثية النباتية.
4. اهمية الموارد الوراثية في استنباط الأصناف المحسنة في عدة ظروف مناخية.
5. الدور الحيوي للموارد الوراثية في سوق الغذاء العالمي باستخدام تقنيات جديدة.
6. أهمية المحاصيل الزراعية وأقاربها البرية في الغذاء والإنتاج الزراعي.
7. استحداث الطفرات النباتية بالوسائل النووية.
8. دور التقنيات النووية في تحسين الأمن الغذائي.
9. استخدام تكنولوجيا التقنيات الحيوية في تربية وتحسين النبات المطفر.
10. إكثار بذار الأصناف المحسنة والمحافظة على نقاوتها الوراثية وسياسات البذار المتبعة.

وفي الجلسة الختامية للدورة التدريبية بحضور أ.د. الدكتور طارق المغربي ممثلاً عن الهيئة العربية للطاقة الذرية و أ.د. ابراهيم الرواشده المدير العام للمركز والأستاذ الدكتور نوال الحجاج المشرف المحلى والمشاركين وعدد من السادة المحاضرين، تمت مناقشة نتائج الاستبيان الذي تم توزيعه على السادة المشاركين في اليوم الأخير وتوضيح النقاط الإيجابية ونقاط الضعف في برنامج الدورة. وقام المشرف

المحلي وممثل الهيئة العربية بالإجابة على الاستفسارات والملاحظات التي قدمها المشاركون.

2 ـ ورشة عمل حول "أنظمة إدارة الجودة ومتطلباتها في مشاريع البنية التحتية للطاقة النووية وفق المواصفات ISO 9001 وASME-NQA-1. عمان- المملكة الأردنية الهاشمية: 06/29-2025/07/03.

نظمت الهيئة وبالتعاون مع هيئة الطاقة الذرية الاردنية، ورشة عمل حول "أنظمة إدارة الجودة ومتطلباتها في مشاريع البنية التحتية للطاقة النووية وفق المواصفات ISO 9001 و ASME-NQA-1"، وذلك في عمان – المملكة الأردنية الهامشية خلال الفترة: 2025/07/03–06/29.

تهدف هذه الورشة إلى التعرف على أهمية أنظمة إدارة الجودة ودورها في المشاريع النووية، – فهم المبادئ الأساسية لأنظمة إدارة الجودة في مشاريع الطاقة النووية، – التعرف على دور إطار نهج المراحل (Approach Milestone) الذي وضعته الوكالة الدولية للطاقة الذرية ومنظمة تنفيذ برنامج الطاقة النووية NEPIO في التنسيق وضمان الامتثال للجودة والسلامة في مشاريع الطاقة النووية، – التعرف على متطلبات المواصفة ISO 9001 وتطبيقاتها في إدارة الجودة، – استكشاف معايير ASME-NQA-1 الخاصة بالجودة في المشاريع النووية، –مناقشة أفضل الممارسات لضمان الامتثال والتحسين المستمر، – تحسين قدراتهم في التدقيق الداخلي وإدارة المخاطر وتحقيق الامتثال المستدام. وقد شارك في الدورة 18 مشارك من 8 دول عربية: العراق، سورية، اليمن، فلسطين، لبنان، ليبيا، موريتانيا والأردن.

وتضمن البرنامج العلمي للدورة كافة الجوانب النظرية والعملية المتعلقة بالمواضيع التالية: وقد تضمّن البرنامج العلمي للورشة محاضرات نظرية ودروس عملية التالية وفق ما تم تحديده بالبرنامج العلمي للورشة.

- مقدمة حول أنظمة إدارة الجودة وأهميتها في مشاريع الطاقة النووية
- دور إطار نهج المراحل (Milestone Approach) الذي وضعته الوكالة الدولية للطاقة الذرية ومنظمة تنفيذ برنامج الطاقة النووية NEPIO في التنسيق وضمان الامتثال للجودة والسلامة في مشاريع الطاقة النووية.
- متطلبات ISO 9001 في إدارة الجودة بالمشاريع النووية.
- تطبيق ASME–NQA–1 في إدارة الجودة وضمان السلامة.
- التدقيق الداخلي وإدارة المخاطر في المشاريع النووية.

إفتتح الورشة رئيس هيئة الطاقة الذرية الأردنية معالي الدكتور خالد طوقان والدكتور فراس العلي ممثل الهيئة العربية للطاقة الذرية، إضافة إلى الدكتورة ربى الزعبي المشرف المحلي للورشة. وتعتبر مشاريع البنية التحتية للطاقة النووية من أكثر المشاريع تعقيدًا وحساسية، حيث تتطلب أعلى مستويات الجودة والأمان لضمان الامتثال للمتطلبات التنظيمية الدولية والمعايير الفنية الصارمة. في هذا السياق، تلعب أنظمة إدارة الجودة دورًا جوهريًا في تعزيز كفاءة العمليات، وتحقيق الامتثال، وتقليل المخاطر المرتبطة بتنفيذ المشاريع النووية. لذلك، فإن فهم وتطبيق معايير الجودة مثل ISO 9001 و ASME-NQA-1 يُعد أمرًا ضروريًا لضمان نجاح المشاريع النووية واستدامتها.

3 ـ دورة التدريبية في مجال: "ترخيص وتفتيش منشآت إدارة النفايات المشعة" عمان – المملكة الأردنية الهاشمية: 25 – 2025/5/29.

نظمت الهيئة العربية للطاقة الذرية بالتعاون مع هيئة تنظيم قطاع الطاقة والمعادن في الأردن دورة تدريبية حول "ترخيص وتفتيش منشآت إدارة النفايات المشعة"، وذلك في عمان – المملكة الأردنية الهاشمية في الفترة: 25 – 2025/5/29.

تهدف هذه الدورة إلى تزويد المشاركين بالمعرفة اللازمة حول المتطلبات الرقابية والمعايير المتعلقة بترخيص ومراجعة وتقييم طلبات ترخيص منشآت إدارة النفايات المشعة وتطوير مهاراتهم العملية على كيفية إجراء عمليات التفتيش والتدقيق على هذه المنشآت وعلى إدارة النفايات المشعة لضمان الإمتثال للمتطلبات الرقابية ومعايير الأمان والوقاية الإشعاعية والامن. وتضمّن البرنامج المحاور الرئيسية التالية:

- إدارة وتصنيف النفايات المشعة،
- المتطلبات الرقابية لترخيص وتفتيش منشآت إدارة النفايات المشعة، والوقاية الاشعاعية في هذه المنشآت،
- السياسة والإستراتيجية الوطنية لإدارة النفايات المشعة،
- التشريعات والتنظيمات المحلية والدولية المتعلقة بإدارة النفايات المشعة،
- تمارين عملية لمراجعة وتقييم طلب ترخيص منشأة إدارة نفايات مشعة،
- زيارة عملية لمنشأة إدارة نفايات مشعة.

وقد تضمّن البرنامج العلمي للدورة 17 ساعة من المحاضرات النظرية و8 ساعات من الدروس العملية. كما تضمن البرنامج زيارة منشأة النفايات المشعة في هيئة الطاقة الذرية الأردنية والتعرف عن قرب على كيفية تشغيل المنشأة طبقاً

للأنظمة الرقابية المعمول بها. إتسمت الدورة بالتفاعل الإيجابي ما بين المشاركين والأساتذة المحاضرين مما ساعد على الإستفادة العلمية من هذه الدورة. وقد شارك في هذه الدورة 16 متدرباً من مختلف الأقطار العربية: الأردن، سوريا، العراق، لبنان، مصر، ليبيا واليمن.

وفي الجلسة الختامية حضر الدكتور خالد زهرمان ممثل الهيئة العربية للطاقة الذرية والسيدة زاهرة طبيشات نائب رئيس مجلس مفوضي هيئة تنظيم قطاع الطاقة والمعادن والأساتذة المحاضرين والسادة المشاركين من الدول العربية. وقد تم إستعراض آراء المشاركين الخاصة بالبرنامج التدريبي للدورة. كما أكدوا على أهمية موضوع الدورة المتعلق بترخيص وتفتيش منشآت النفايات المشعة. وقد سمحت لهم بالتزود بالمعلومات العلمية الضرورية في هذا المجال. فيما خصّ إستمارات التقييم، فكانت إيجابية بشكل عام مع تنويه المشاركين بمحتوى المحاضرات، وطالبوا بزيادة مساحة التدريب العملي وأيضاً زيادة الفترة الزمنية للدورة. أكد المشاركون أيضاً على أهمية استمرار التواصل فيما بينهم ودرس أي إمكانية للتعاون في هذا المجال من خلال الهيئة العربية للطاقة الذرية وقد أبدى ممثل الهيئة العربية إستعدادها لدعم أي تعاون محتمل فيما بينهم وذلك ضمن إمكانياتها المتاحة.

قائمة مطبوعات الهيئة العربية للطاقة الذرية

الرقم	عنوان الكتاب	عدد الصفحات	إسم المؤلف	لغة الكتابة	تاريخ الصدور	السعر بالدولار الأمريكي
1	الهيئة في أربعة أعوام	264	الهيئة العربية	عربية	1993	–
2	وقائع المؤتمر العربي الأول للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	780	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	1993	20
3	إستخدام الاشعاع والنظائر المشعة في الزراعة وعلوم الأحياء	531	مجموعة مؤلفين	عربية	1993	20
4	فيزياء وتقانة المفاعلات	728	مجموعة مؤلفين	إنجليزية	1993	20
5	إستخدام الحاسوب في الفيزياء النظرية	197	مجموعة مؤلفين	عربية	1993	10
6	تداول ومعالجة النفايات المشعة	مجلدان	مجموعة مؤلفين	عربية وانجليزية	1993	20
7	الطب النووي تشخيصاً وعلاجاً	289	مجموعة مؤلفين	عربية وانجليزية	1994	15
8	طرق إعداد تقريري الأمان الأولي والنهائي لمفاعلات البحوث	مجلدان	مجموعة مؤلفين	إنجليزية	1994	20
9	إستخدام التقنيات النووية في تحليل المواد	420	مجموعة مؤلفين	إنجليزية	1994	15
10	مصادر الطاقة في الوطن العربي والعالم : الواقع والآفاق المستقبلية	180	د. نواف الرومي	عربية	1994	10
11	الرادون والتلوث البيئي الإشعاعي	218	مجموعة مؤلفين	عربية وانجليزية	1994	15
12	إعداد برامج الرقابة البيئية	618	مجموعة مؤلفين	عربية وانجليزية	1995	20
13	الإستعداد الطبي للحوادث الإشعاعية والنووية	652	مجموعة مؤلفين	عربية وانجليزية	1995	20
14	تعقيم وحفظ المواد الغذائية بالإشعاع	237	مجموعة مؤلفين	عربية	1995	10
15	إنتاج النظائر المشعة واستخداماتها الطبية	828	مجموعة مؤلفين	إنجليزية	1995	20
16	إستخدام أجهزة الكشف عن الإشعاعات المؤينة ومعايرتها	435	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	1995	نفد
17	إستخدام المصادر المشعة في الصناعة	387	مجموعة مؤلفين	عربية وانجليزية	1995	15
18	أجهزة القياس والإلكترونيات النووية	469	مجموعة مؤلفين	عربية	1995	20
19	إستخدام التقنيات النووية في تحسين الإنتاج النباتي	687	مجموعة مؤلفين	عربية	1995	20
20	وقائع المؤتمر العربي الثاني للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	3 أجزاء	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	1995	30
21	النقل الآمن للمواد ذات النشاط الإشعاعي	374	مجموعة مؤلفين	عربية	1996	15
22	تكنولوجيا الإشعاع في الأغذية والزراعة	599	د. محمود شرباش	عربية	1996	20
23	معايير الأمان الأساسية الدولية للوقاية من الإشعاعات المؤينة	349	الوكالة الدولية	عربية	1996	15
24	الهيئة في أربعة أعوام 93 . 1996	مجلدان	الهيئة العربية	عربية	1997	–
25	دورة الوقود النووي من الخام حتى الركاز الأصفر	635	مجموعة مؤلفين	عربية	1997	20
26	الخامات الذرية في الوطن العربي	386	مجموعة مؤلفين	عربية	1997	15
27	تصميم وإنشاء مرافق حفظ النفايات المشعة	328	مجموعة مؤلفين	عربية	1998	15
28	الإشعاعات المؤينة وحفظ الغذاء من الحشرات	143	أ. د. محمد سعيد هاشم	عربية	1998	10
29	وقائع المؤتمر العربي الثالث للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	3 أجزاء	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	1998	30

الرقم	عنوان الكتاب	عدد الصفحات	إسم المؤلف	لغة الكتابة	تاريخ الصدور	السعر بالدولار الأمريكي
30	نظام الضمانات الدولي وأسلوب تطبيقه على المستويين القطري والإقليمي	392	مجموعة مؤلفين	عربية	1998	15
31	البرنامج النظري والعملي للتدريب في عمليات التصوير الشعاعي (المستوى الأول)	243	مجموعة مؤلفين	عربية	1999	20
32	الحفاظ على الحبوب ومشتقاتها بالإشعاعات المؤينة	130	د. محفوظ البشير	عربية	2000	15
33	الأسس العامة لتكنولوجيا معالجة الأغذية بالإشعاع	148	أ. د. علي راضي	عربية	2000	15
34	وقائع المؤتمر العربي الرابع للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	5 أجزاء	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	2000	40
35	نظام الضمانات النووية الدولي "الآفاق والآليات والمشاكل"	419	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	2000	20
36	الهيئة في أربعة أعوام 97 ـ 2000	مجلدان	الهيئة العربية	عربية	2000	ـ
37	البرنامج النظري والعملي للتدريب في الإختبارات بالأمواج فوق الصوتية (المستوى الأول)	278	مجموعة مؤلفين	عربية	2001	20
38	البرنامج النظري والعملي للتدريب في الإختبارات بالسوائل النافذة والجسيمات المغنطيسية (المستوى الأول)	214	مجموعة مؤلفين	عربية	2001	20
39	التقنيات النووية وتقدير الهرمونات	330	د. أحمد عصام فكري	عربية	2002	20
40	وقائع المؤتمر العربي الخامس للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	5 أجزاء	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	2002	نفد
41	وقائع المؤتمرالعربي السادس للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	4 أجزاء	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	2003	نفد
42	وقائع المؤتمر العربي السابع للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	3 أجزاء	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	2004	نفد
43	مستقبل توليد الكهرباء بالطاقة النووية	56	أ. د. ضو مصباح أ. د. م. نصر الدين	عربية	2006	10
44	وقائع المؤتمر العربي الثامن للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	قرص مدمج (CD)	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	2007	10
45	النشاط الإشعاعي البيئي من المصادر الطبيعية والصناعية والعسكرية	816	(مترجم) أ. د. بهاء الدين معروف	عربية	2007	50
46	Research Reactors Types & Utilization	88	أ. د. إبراهيم داخلي عبد الرازق	إنجليزية	2008	10
47	المفاعلات البحثية : أنواعها واستخداماتها	88	(مترجم) م. نهلة نصر	عربية	2008	10
48	إستخدام التقنيات النووية والذرية في التحليل العناصري والنظائري	176	مجموعة مؤلفين	عربية	2008	20
49	الهيئة العربية للطاقة الذرية في ثماني سنوات 2001 . 2008	174	الهيئة العربية	عربية	2008	ـ
50	الأشعة السينية وبعض تطبيقاتها	190	أ. د. م. نصر الدين	عربية	2008	20

الرقم	عنوان الكتاب	عدد الصفحات	إسم المؤلف	لغة الكتابة	تاريخ الصدور	السعر بالدولار الأمريكي
51	الإستراتيجية العربية للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية حتى العام 2020	160	الهيئة العربية	عربية	2008	20
52	وقائع المؤتمر العربي التاسع للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	قرص مدمج (CD)	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	2009	10
53	توصيات اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاع ICRP-105 "الوقاية من الإشعاع في الطب"	69	(مترجم) مجموعة خبراء	عربية	2011	10
54	الفحص البصري للملحومات . المستوى الثاني	352	أ. د. محمود أحمد شافعي	عربية	2011	25
55	الأشعة غير المؤينة : طبيعتها والوقاية من مخاطرها	60	(مترجم) مجموعة خبراء	عربية	2011	10
56	وقائع المؤتمر العربي العاشر للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	قرص مدمج (CD)	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	2011	10
57	أسئلة امتحان التأهيل للإختبارات اللاّإتلافية وعلم المواد . المستوى الأول	178	أ. د. حسن إبراهيم شعبان أ. د. جمال محمد عاشور الدرويش	عربية	2013	20
58	البرنامج النظري والعملي في الإختبارات اللاّإتلافية بالتيارات الدوامية ـ المستوى الأول	248	أ. د. حسن إبراهيم شعبان أ. د. جمال محمد عاشور الدرويش	عربية	2014	20
59	وقائع المؤتمر العربي الحادي عشر للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	قرص مدمج (CD)	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	2015	20
60	وقائع المؤتمر العربي الثاني عشر للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	قرص مدمج (CD)	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	2015	20
61	وقائع المؤتمر العربي الثالث عشر للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	قرص مدمج (CD)	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	2017	20
62	وقائع المؤتمر العربي الرابع عشر للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	قرص مدمج (CD)	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	2019	20
63	وقائع المؤتمر العربي الخامس عشر للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية	قرص ذاكرة (Flash)	مجموعة مؤلفين	عربية وإنجليزية	2022	20
64	التحليل بالتنشيط النتروني ومطيافية أشعة جاما	454	أ.د إبراهيم أبوقصة	عربية	2022	30

للحصول على المطبوعات المذكورة يرجى مخاطبة الهيئة العربية للطاقة الذرية على العنوان أدناه وإرفاق شيك باسم الهيئة بمبلغ المطبوعة يضاف إليه قيمة البريد الجوي عن كل نسخة حسب الوزن. عنوان المراسلة : الهيئة العربية للطاقة الذرية نهج المؤازرة حي الخضراء . تونس . الجمهورية التونسية . هاتف : 71.808.400 . فاكس : 71.808.450 . البريد الإلكتروني: aaea_org@yahoo.com و aaea@aaea.org.tn

أو إجراء تحويل بالمبلغ إلى حساب الهيئة العربية للطاقة الذرية لدى الشركة التونسية للبنك – (STB) الفرع المركزي، نهج الهادي نويرة – تونس، مع إخطار الهيئة بالفاكس بصورة من مستندات التحويل.

رقم الحساب: 840-3-4173-90-100 404 10 // **IBAN:** TN 59 1040 4100 9041 7338 4007

BIC: STBKTNTTXXX

دعوة للعلماء والإختصاصيين العرب

ندعوكم لإرسال مقالات علمية مبسّطة مؤلفة أو مترجمة في مجالات العلوم النووية والاستخدامات السلمية للطاقة الذرية حسب القواعد التالية :

1 ـ تكون المقالات موجهة لزيادة تعريف أبناء الوطن العربي بأساسيات العلوم والتقنيات النووية واستخداماتها في مختلف المجالات التطبيقية .

2 ـ يكتب ملخص باللغة الإنجليزية السليمة في بداية المقالة على ألاّ يتجاوز عدد كلماته 200 كلمة، وتضاف قائمة بالمراجع في نهاية المقالة على ألاّ تزيد على 5 مراجع .

3 ـ صياغة المقالات تكون باللغة العربية الفصحى، على أن تكون المصطلحات العلمية المتضمنة مطابقة لما ورد في المعاجم الموحدة لمصطلحات الفيزياء العامة والنووية والكيمياء والبيولوجيا الصادرة عن مكتب تنسيق التعريب بالمنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم (الألكسو) .

4 ـ مراعاة تجنّب التفاصيل العلمية الدقيقة أو الإستنتاجات الرياضية المعقدة التي تفوق مستوى القارىء غير المتخصص باعتباره القارىء المفضل لنشرة الذرة والتنمية .

5 ـ يجب أن تكون الموضوعات المطروحة لم تسبق معالجتها بشكل مشابه في الأعداد السابقة وملائمة لأغراض النشرة ومتوافقة مع سياسة النشر بها ولا تتضمّن أية إشارات سياسية أو خصوصيات أمنية لأي من الدول العربية.

6 ـ يشترط في المقالات المترجمة أن تكون مرفقة بالأصل الذي ترجمت منه، علماً بأنه عند نشر المقالات المترجمة في نشرتنا يشار إلى إسم صاحب المؤلف الأصلي بالإضافة إلى ذكر اسم الوثيقة المنشور فيها سابقاً مع تحديد العدد وتاريخ النشر .

7 ـ يمكن للسادة المؤلفين أو المترجمين إرسال استفساراتهم بشأن المواضيع التي يرغبون في تقديمها للنشرة للحصول على رأي لجنة التحرير قبل إرسالها للنشر.

ISSN : 0330-7123