# الطـرد المـركزي

## كلمة السر لتخصيب اليورانيوم وبقاء إيران نووياً

ECSS
المركز المصري للفكر والدراسات الاستراتيجية
EGYPTIAN CENTER FOR STRATEGIC STUDIES

## "الطرد المركزي"

# كلمة السر لتخصيب اليورانيوم وبقاء إيران نوويًا

ECSS
المركز المصري
للفكر والدراسات الاستراتيجية
EGYPTIAN CENTER FOR STRATEGIC STUDIES

**د. خـــالد عكاشـــة**

المدير العام

**د. عبد المنعم سعيد**

المستشار الأكاديمي

إعداد

**د. سامح شعبان**

باحث ببرنامج السياسات العامة

المركز المصري للفكر والدراسات الاستراتيجية

إخراج فني

**عبد المنعم أبو طالب**

ecss.com.eg

/ecsstudies

# مقدمة

لعبت ثلاثية السياسة والعلم والدبلوماسية دور البطل في الماراثون النووي الإيراني الذي شق مساره عبر طريق محفوف بالمخاطر امتد من طهران إلى واشنطن، ومر بأربع مراحل رئيسية: الأولى اتسمت بالود بين الطرفين وتقديم الهدايا النووية من قبل واشنطن، تلتها مرحلة شابها التوتر والقلق نظرًا لانعدام الثقة بسبب الثورة الإيرانية الإسلامية، أما المرحلة الثالثة فكانت مرحلة المفاوضات والمباحثات الممتدة التي اكتملت بتوقيع الاتفاق النووي بلوزان بسويسرا بين طهران والقوى الكبرى، في حين بدأت المرحلة الرابعة بانسحاب الولايات المتحدة الأمريكية من الاتفاقية والذي كانت له تداعيات عدة، تأتي التداعيات التقنية على رأسها خاصة مع نجاح طهران في زيادة كمية ونسب الإثراء لليورانيوم بمستويات عالية غير مسبوقة، الأمر الذي كان له بالغ الأثر في تحسن موقفها التفاوضي وبقائها نوويًا في ظل وجود وساطات خليجية قد تثمر عن تفاهمات نووية وسط أجواء يمكن وصفها بمرحلة الأيدي الممتدة من كلا الطرفين، وقد مثلت أجهزة الطرد المركزي التي نجحت إيران في اكتساب المعرفة المتعلقة بها وإنتاجها وتطويرها كلمة السر في نجاح واستمرار البرنامج النووي لها لينتقل بها من معضلة تكنولوجية إلى مسألة وقت.

# محتويات


بدايات سابقة وتطورات لاحقة 06

اتفاق وانسحاب ثم تجدد للآمال 06

دورة الوقود النووي 07

تخصيب اليورانيوم 11

أنواع اليورانيوم المخصب 12

كيف تمكنت إيران من اكتساب المعرفة النووية وتكنولوجيا التخصيب؟ 14

القدرة على التخصيب في العالم 14

القدرة على التخصيب في إيران 16

أجيال أجهزة الطرد المركزي لدى إيران 16

لماذا لم يتوقف البرنامج النووي الإيراني باغتيال العلماء؟ 17

الوكالة وطهران.. تساؤلات وتفسيرات 18

ختاماً 20

## بدايات سابقة وتطورات لاحقة

في البداية، كان الطريق النووي الإيراني من اللحظة الأولى ممهدًا ثم ما لبث أن امتلأ بالعثرات، حاولت كل من إيران والدول الكبرى وعلى رأسها الولايات المتحدة الأمريكية إماطة العثرات عن الطريق من خلال مفاوضات وصفت بأنها ماراثونية راوغ فيها المفاوض الإيراني البارع مستفيدًا من تغيرات الأوضاع السياسية في العالم ومستوعبًا دروسًا مشابهة من الماضي القريب لدول أخرى كي يربح الوقت ليتقدم تقنيًا، متبنيًا استراتيجية "الإبرة التائهة في كومة من القش" والحذر والترقب باتباع سياسة "عدم وضع كل ما هو ثمين في سلة واحدة" بتوزيع منشآته النووية على مناطق مختلفة في البلاد، وإضفاء طابع السرية على بعضها. بسبب هذه الممارسات فضلًا عن عدم امتثالها لتفتيشات الوكالة الدولية للطاقة الذرية بموجب معاهدة الحد من انتشار السلاح النووي وضمانات الوكالة التي وقعت طهران وصدقت عليها، كالت الولايات المتحدة الأمريكية تهمًا لإيران تلتها عقوبات دولية وأمريكية وأوروبية وصفت في فترات بأنها عقوبات "مبكرة" في عهد الرئيس الأمريكي الأسبق بيل كلينتون، ثم "مكبلة" في عهد باراك أوباما، وفي فترات أخرى وصفت بأنها "قاسية" في عهد دونالد ترامب. إيران نفسها تم وصفها حينًا بأنها "مارقة" على لسان وزيرة الخارجية الأمريكية مادلين أولبرايت، وصُنفت في أحيان أخرى ضمن "محور الشر" على حد وصف جورج بوش الابن. حاولت طهران مرارًا وتكرارًا الدفاع عن سلمية برنامجها النووي وإثبات حسن نواياها، وفي سبيل ذلك اتخذت إجراءات طوعية من شأنها أن تفتح منشآتها النووية لتفتيشات الوكالة بشكل أكثر مرونة وأكثر شفافية، بيد أن التفسيرات والمبررات التي قدمتها في أوقات كثيرة سابقة لم تكن كافية، ولم تفلح فتوى مرشدها بحرمة امتلاك واستخدام السلاح النووي في إقناع المجتمع الدولي، ولم يكن التعاون مع الوكالة في الكثير من الأحيان على الوجه المطلوب.

## اتفاق وانسحاب ثم تجدد للآمال

أثمرت مرحلة المفاوضات بعد قرابة 18 شهرًا دارت فيها رحى الجدل والنقاش على مائدة مفاوضات امتدت بين عدة مدن أوروبية في جنيف، وفيينا، ونيويورك، إلى توقيع اتفاق بين إيران والدول الكبرى في لوزان بسويسرا عام 2015 عرف باسم خطة العمل الشاملة المشتركة (JCPoA) أو اتفاق (5+1). وصفت إيران الاتفاق بأنه "اعتراف صريح" من الدول الكبرى بحقها في تخصيب اليورانيوم، ووصفته الولايات المتحدة حينها بـ"التاريخي".

انسحبت أمريكا من الاتفاق في 2018، ونتيجة لذلك حدثت مجموعة من التداعيات في المشهد النووي الإيراني أهمها على الإطلاق تحلل إيران من القيود النووية، خاصة فيما يتعلق بكميات اليورانيوم المخصب ونسب الإثراء. في الآونة الأخيرة، بدأت بعض الأحداث والتحركات تؤشر لبوادر اتفاق مؤقت أو جزئي أو على الأقل تفاهمات معينة دخلت فيها وساطات خليجية في ظل أجواء كلامية ساخنة مغلفة بالتهديدات الصريحة من جانب إسرائيل. كل هذا الطريق مرت به إيران وحتى هذه

اللحظة تجنبت سيناريوهات عدة لتقويض برنامجها النووي، إلا أنه تبقى كلمة السر التي جعلت إيران تقف على أرضية تفاوضية ثابتة، ألا وهي تخصيب اليورانيوم باستخدام "الطرد المركزي" وهي خطوة حساسة في دورة الوقود النووي.

## دورة الوقود النووي

يعتبر اليورانيوم عنصرًا هامًا في دورة الوقود النووي التي تسعى الدول الطامحة نوويًا مثل إيران إلى أن تمتلك معظم مراحلها إن لم تكن كلها كجزء مهم من خطتها لتطوير الصناعة والتكنولوجيا النووية الخاصة بها، حيث تحتاج القوى النووية المستدامة إلى وجود دورة وقود نووي مستدامة. وترى الوكالة أن تزايد استخدام القوى النووية سيؤدي إلى زيادة الطلب على أنشطة دورة الوقود النووي وعلى فهم سلوك المواد المستخدمة في المفاعلات النووية. وفقًا للمعهد الوطني للمعايير والتكنولوجيا (NIST)، يوجد اليورانيوم في الطبيعة ويتكون من ثلاثة نظائر هي اليورانيوم238- وهو يوجد بنسبة 99.275%، والنظير235- وهو يوجد بنسبة 0.72%، بينما النظير الثالث (اليورانيوم234-)، فنسبة وجوده ضئيلة جدًا (0.005%)، وطبقًا لتعريفات الوكالة فإن اليورانيوم ينقسم إلى ثلاثة أنواع:

- اليورانيوم الطبيعي (N) وهو اليورانيوم الذي يحتوي على النظير235- بنسبة تساوي 0.72%.
- اليورانيوم المنضب (D) وهو اليورانيوم الذي يحتوي على النظير235- بنسبة أقل من 0.72%.
- اليورانيوم المخصب (E) وهو اليورانيوم الذي يحتوي على النظير235- بنسبة أعلى من 0.72%.

### تتكون دورة الوقود النووي من جزأين رئيسيين هما:

- الدورة الأمامية للوقود النووي، تتكون من مجموعة من الخطوات يتم من خلالها إعداد الوقود تمهيدًا لاستخدامه داخل المفاعل النووي.
- دورة الوقود النووي الخلفية، وتتكون من مجموعة من الخطوات تتمثل في التعامل مع الوقود النووي بعد استخدامه في المفاعل النووي (حرق الوقود) تمهيدًا لإعادة معالجته أو التخلص من الوقود المستهلك.

لذا فإنه بكل بساطة يمكن تقسيم دورة الوقود النووي إلى مرحلتين أساسيتين، الأولى هي مرحلة "ما قبل المفاعل النووي"، والثانية هي مرحلة "ما بعد المفاعل النووي". وتصنف دورة الوقود النووي إلى صنفين:

- دورة وقود نووي مفتوحة، وفيها لا يتم معالجة الوقود المستهلك.
- دورة وقود نووي مغلقة، وفيها يتم معالجة الوقود المستهلك لإعادة استخدامه مرة أخرى.

وتشير معلومات الوكالة في منشورها المعنون "الوصول إلى جوهر دورة الوقود النووي من تعدين اليورانيوم إلى التخلص من النفايات النووية" إلى أن الوقود المستهلك يحتوي على اليورانيوم (حوالي 96%) والبلوتونيوم (حوالي 1%) ومنتجات النفايات المشعة عالية المستوى (حوالي 3%). وفي هذا الصدد، فإن عملية معالجة الوقود المستهلك قضية شائكة لما قد ينتج عنها من مواد مزدوجة الغرض مثل البلوتونيوم (مدني وعسكري) وقد يمكن إعادة استخدامها لأغراض عسكرية (صناعة سلاح نووي) وفقًا لما جاء بمقال تم نشره بمجلة ساينتفك أمريكان Scientific American بتاريخ 1 مايو 2008 تحت عنوان "إعادة التفكير في إعادة تدوير الوقود النووي"، وغالبًا فإن الدول التي تسعى لبناء برامج قوى نووية على أراضيها لتوليد الكهرباء فإنها تترك القرار في مسألة التخلص من وقودها المستهلك إما بدفنه أو إعادة استخدامه (تدوير) للأجيال القادمة. وتُشير بعض التقارير إلى أنه ليس فقط عمليات التخصيب التي قامت بها إيران هي العقبة الوحيدة التي واجهها المجتمع الدولي للتحقق من امتثالها للتعهدات بسلمية برنامجها النووي، وإنما مثلت عمليات إعادة معالجة الوقود النووي المستهلك عقبة أخرى، خاصة وأن إيران يرجع تاريخ أولى خطواتها الناجحة للحصول على تكنولوجيا إعادة المعالجة إلى فترة الثمانينيات من القرن الماضي.

ويشير الشكل رقم (1) إلى دورة الوقود النووي وخطواتها المختلفة بدءًا من عمليات التعدين (الخامات) مرورًا بخطوات التحويل (الكعكة الصفراء) والتخصيب (غاز سادس فلوريد اليورانيوم) وتصنيع الوقود النووي (ثاني أكسيد اليورانيوم) واستخدامه داخل المفاعل للحصول على الطاقة من تفاعل انشطاري متسلسل، ثم تخزين الوقود المستهلك لمدة معينة للتقليل من نشاطه الإشعاعي، وانتهاءً بمعالجته أو دفنه كنفايات مشعة. البنية التحتية النووية لإيران (دورة الوقود النووي الإيرانية)

تهدف إيران من خلال برنامجها النووي إلى امتلاك دورة وقود نووي تجعلها قادرة على تأمين وقودها النووي دون ممارسة أي نوع من الضغوط الخارجية عليها، ولعل هذا ما يدفعها بشكل كبير إلى أن

**شكل (1): دورة الوقود النووي**

تمتلك منشآت لغرض التخصيب. وتمتلك طهران مؤسسات نووية ومراكز بحثية، فضلاً عن منشآت نووية متعددة الأغراض، بالإضافة إلى مناجم اليورانيوم الموجودة على أرضها. ويمثل الجدول رقم (1) بيانًا بالمنشآت النووية لإيران ومواقعها والغرض منها وحالتها وفقًا لما جاء بمقال نشر بتاريخ 24 أبريل 2023 في Iran watch المعني بتتبع وتسليط الضوء على قدرات إيران لإنتاج وتطوير أسلحة دمار شامل.

**جدول (1): بيانات المنشآت والمواقع النووية في إيران**

| م | المنشأة | الغرض | الموقع | الحالة |
|---|---|---|---|---|
| 1 | منجم ساجند لليورانيوم | استخلاص خام اليورانيوم | ساجند | التشغيل |
| 2 | منجم جاشين لليورانيوم | استخلاص خام اليورانيوم | جاشين | مغلق |
| 3 | مجمع ناريجان الصناعي والتعديني | استخلاص خام اليورانيوم | بافق | التشغيل |
| 4 | مصنع أردكان لإنتاج الكعكة الصفراء | إنتاج مركزات اليورانيوم | أردكان | التشغيل |
| 5 | مصنع بندر عباس لإنتاج الكعكة الصفراء | إنتاج مركزات اليورانيوم | بندر عباس | مغلق |
| 6 | مرفق تحويل اليورانيوم (UCF) | تحويل اليورانيوم | مركز أصفهان للتكنولوجيا النووية (ENTC) | التشغيل |
| 7 | معمل كيمياء اليورانيوم (UCL) | دراسة مركبات اليورانيوم | مركز أصفهان للتكنولوجيا النووية (ENTC) | مغلق |
| 8 | معمل تصنيع الوقود (FFL) | إنتاج كريات (حبيبات) الوقود | مركز أصفهان للتكنولوجيا النووية (ENTC) | مغلق |
| 9 | مصنع مسحوق اليورانيوم المخصب (EUPP) | تحويل غاز سادس فلوريد اليورانيوم إلى أكسيد | مركز أصفهان للتكنولوجيا النووية (ENTC) | التشغيل |

| م | المنشأة | الغرض | الموقع | الحالة |
|---|---|---|---|---|
| 10 | مصنع تصنيع الوقود (FMP) | إنتاج الوقود لمفاعل أراك ومفاعلات الماء الخفيف | مركز أصفهان للتكنولوجيا النووية (ENTC) | التشغيل |
| 11 | مصنع تصنيع ألواح الوقود (FPFP) | إنتاج الوقود لمفاعل طهران للأبحاث (TRR) | مركز أصفهان للتكنولوجيا النووية (ENTC) | التشغيل |
| 12 | مصنع إنتاج الزركونيوم (ZPP) | إنتاج الزركونيوم الإسفنجي | مركز أصفهان للتكنولوجيا النووية (ENTC) | التشغيل |
| 13 | مفاعل مصدر نيوتروني مصغر (MNSR) (30 كيلو وات) | يقال إنه لإنتاج النظائر | مركز أصفهان للتكنولوجيا النووية (ENTC) | التشغيل |
| 14 | مفاعل الماء الثقيل صفري الطاقة | البحث والتطوير | مركز أصفهان للتكنولوجيا النووية (ENTC) | التشغيل |
| 15 | مفاعل الماء الخفيف دون الحرج (LWSCR) | البحث والتطوير | مركز أصفهان للتكنولوجيا النووية (ENTC) | التشغيل |
| 16 | مفاعل أبحاث الماء الخفيف (10 ميجاوات) | اختبار مواد الوقود النووي وإنتاج النظائر | مركز أصفهان للتكنولوجيا النووية (ENTC) | تحت الإنشاء |
| 17 | مفاعل الجرافيت دون الحرج (GSCR) | التدريب | مركز أصفهان للتكنولوجيا النووية (ENTC) | خارج الخدمة (تم تفكيكه) |
| ١٨ | شركة تكنولوجيا الطرد المركزي الإيرانية (TESA) مجمع كراج | إنتاج الأنابيب الدوارة وبعض مكونات أجهزة الطرد المركزي الآخري | كراج | خارج الخدمة (تم تفكيكه) |
| 19 | ورشة أصفهان للطرد المركزي | إنتاج الأنابيب الدوارة وبعض مكونات أجهزة الطرد المركزي الأخرى | أصفهان | ليست في مرحلة التشغيل |
| 20 | ورشة ناتانز للطرد المركزي | إنتاج الأنابيب الدوارة وبعض مكونات أجهزة الطرد المركزي الأخرى | ناتانز | من المحتمل أنها تعمل |
| 21 | مركز تجميع أجهزة الطرد المركزي الإيرانية (ICAC) | تجميع أجهزة الطرد المركزي | ناتانز | دمرت وبحسب ما ورد يجري إعادة بنائها |
| 22 | مركز تجميع الجيل الجديد من أجهزة الطرد المركزي | تجميع الطرد المركزي | ناتانز | التشغيل |
| 23 | المحطة التجريبية لإثراء الوقود (PFEP) | تخصيب اليورانيوم بأجهزة الطرد المركزي الغازية | ناتانز | التشغيل |
| 24 | محطة إثراء الوقود (FEP) | تخصيب اليورانيوم بأجهزة الطرد المركزي الغازية | ناتانز | التشغيل |
| 25 | منشأة فوردو لتخصيب الوقود (FFEP) | تخصيب اليورانيوم بأجهزة الطرد المركزي الغازية | فوردو | التشغيل |
| 26 | المركز الوطني لتقنية التفريغ | تصنيع واختبار ومعايرة معدات التفريغ | فوردو | التشغيل |
| 27 | المركز القومي لبحوث علوم وهندسة المواد | اختبار المواد المشعة | فوردو | التشغيل |

| م | المنشأة | الغرض | الموقع | الحالة |
|---|---|---|---|---|
| 28 | شركة كالاي للكهرباء | تطوير واختبار أجهزة الطرد المركزي الغازية | طهران | يقال إنها في التشغيل |
| 29 | منشأة خنداب لإنتاج الماء الثقيل (HWPP) | إنتاج الماء الثقيل (يستخدم كمهدئ في المفاعلات النووية) | آراك | التشغيل |
| 30 | مفاعل خنداب لبحوث المياه الثقيلة (IR-40) (20 ميجاوات) | إنتاج النظائر المشعة (تشمل المنتجات الثانوية البلوتونيوم) | آراك | إعادة التصميم |
| 31 | مفاعل طهران للأبحاث (TRR) (5 ميجاوات) | إنتاج النظائر المشعة | مركز طهران للأبحاث النووية (TNRC) | التشغيل |
| 32 | مختبرات جابر بن حيان متعددة الأغراض (JHL) | البحث، بما في ذلك على معدن اليورانيوم، وإنتاج أقراص اليورانيوم المعدنية | مركز طهران للأبحاث النووية (TNRC) | التشغيل |
| 33 | منشأة إنتاج نظائر الموليبدينوم واليود والزينون المشعة (منشأة MIX) | إنتاج النظائر المشعة | مركز طهران للأبحاث النووية (TNRC) | التشغيل |
| 34 | منشأة معالجة النفايات | تخزين النفايات المشعة والتخلص منها | مركز طهران للأبحاث النووية (TNRC) | التشغيل |
| 35 | بوشهر 1 (مفاعل الماء المضغوط) (1000 ميجاوات كهربائية) | إنتاج الكهرباء | بوشهر | التشغيل |
| 36 | بوشهر -2 (مفاعل الماء المضغوط VVER-1000 V-528) (974 ميجاوات كهربائية) | إنتاج الكهرباء | بوشهر | تحت الانشاء |
| 37 | بوشهر -3 (مفاعل الماء المضغوط VVER-1000 V-528) (974 ميجاوات كهربائية) | إنتاج الكهرباء | بوشهر | تحت الإنشاء |
| ٣٨ | محطة كارون للطاقة النووية (مفاعل الماء المضغوط) (300 ميجاوات كهربائي) | إنتاج الكهرباء | دارخوين | تحت الإنشاء |
| 39 | تركز أباد-الموقع الأول | يزعم أنه لتخزين المواد والمعدات النووية؛ موقع اليورانيوم غير المعلن عنه | جنوب طهران | هدمت جزئيًا |
| 40 | لافيزان شيان-الموقع الثاني | الحفر عن اليورانيوم الطبيعي لإنتاج رقائق معدنية؛ معايرة أجهزة الكشف عن النيوترونات؛ موقع اليورانيوم غير المعلن عنه | بالقرب من لافيزان شيان | هدم |
| 41 | فارامين-الموقع الثالث | مرفق غير معلن على نطاق تجريبي لمعالجة اليورانيوم وتحويله؛ موقع اليورانيوم غير المعلن عنه | قرب المباركية | هدم |
| 42 | ميرفان-الموقع الرابع | اختبار المتفجرات التقليدية، تجارب التفجير استعدادا لاستخدام أجهزة الكشف عن النيوترونات | قرب آباده | هدمت جزئيا |
| 43 | طالقان (1) و(2) | يُزعم أنه يختبر متفجرات شديدة الانفجار وبادئ نيوتروني | مجمع بارشين العسكري | غير معروف |

| م | المنشأة | الغرض | الموقع | الحالة |
|---|---|---|---|---|
| 44 | منشأة شهيد بروجردي (تحت الأرض) | يزعم أنها لتصنيع مكونات اليورانيوم المعدنية للأسلحة النووية | مجمع بارشين العسكري | غير معروف |
| 45 | جولاب داره | يُزعم أنها لاختبار المتفجرات | مجمع بارشين العسكري | غير معروف |
| 46 | مركز أبحاث الانفجار والاصطدام (METFAZ) (منشأة سانجاريان) | تطوير واختبار مولد الموجات الصدمية والمكونات الفرعية الأخرى للأسلحة النووية؛ نمذجة المتفجرات النووية المحتملة | سانجاريان | غير معروف |
| 47 | المحطة التجريبية لتخصيب اليورانيوم بالليزر | تخصيب اليورانيوم باستخدام الليزر | عسكر (لشكر) آباد | على الأرجح غير نشط |
| 48 | منشأة كراج لتخزين النفايات | تخزين النفايات المشعة | مركز كراج للأبحاث النووية للطب والزراعة | التشغيل |
| 49 | مستودع أناراك القريب من السطح | التخلص من النفايات المشعة | أناراك | التشغيل |

تشير بعض التقارير إلى أنه في الثمانينيات كان المخزون المحلي من اليورانيوم الإيراني متواضعًا لذا فإنها سعت لتحصل على اليورانيوم الخام من جنوب أفريقيا في عام 1984، ثم بعد ذلك قامت بنشاطات استكشاف وتعدين حتى أصبح لديها مناجم لليورانيوم. وفي السياق ذاته، فقد تداولت بعض التقارير معلومات كشفت عن أن موقع إيران إنترناشونال قد أشار إلى أن بعض الوثائق تفيد بأن إيران قد سعت إلى الحصول على اليورانيوم لإنتاج الكعكة الصفراء من مناجم الفوسفات بسوريا.

وتشير معلومات الوكالة (ورقة الحقائق عن اتفاقيات الضمانات التي وقعتها إيران) إلى أنها تقوم بعمليات التفتيش على المواد النووية والمنشآت النووية داخل إيران بموجب اتفاقية الضمانات الشاملة (CSA) المرتبطة بمعاهدة عدم انتشار الأسلحة النووية (NPT) والتي وقعت عليها إيران في 19 يونيو 1973 ودخلت حيز النفاذ في 15 مايو 1974 بالإضافة إلى البروتوكول الإضافي الذي وقعت عليه في 18 ديسمبر 2003، فضلاً عن الالتزامات المتعلقة بالاتفاق النووي قبل الانسحاب الأمريكي منه، ويتيح البرتوكول الإضافي (دورية معلومات 540) المكمل لاتفاقية الضمانات هامشًا أكبر من الرقابة والتفتيش على المنشآت والمواد والأنشطة النووية.

وتجدر الإشارة إلى أن المواد النووية التي تقوم الوكالة بالرقابة عليها لمنع تحريفها لاستخدام غير سلمي بموجب اتفاقية الضمانات الشاملة (دورية معلومات 153) محددة بالمادة (34) من الاتفاقية وهي في العموم تنقسم إلى نوعين:

- المواد المصدرية مثل اليورانيوم المحتوي على نظائره الطبيعية، واليورانيوم المنضب في النظير235-، وأي من الشكلين السابقين في صورة معدنية أو مركبات كيميائية أو مركزات.
- المواد القابلة للانشطار مثل البلوتونيوم239-، واليورانيوم235-، واليورانيوم المخصب في النظير233- والنظير235-.

### تجدر الإشارة أيضًا إلى أن المنشأة النووية التي تعنيها الوكالة هي إحدى نوعين:

- طبقًا للاستخدام (الغرض): منشآت نووية مثل المفاعل، والمنشأة الحرجة، ومنشأة التحويل والتخصيب والمعالجة وإنتاج النظائر وغيرها.
- طبقًا للكمية: منشآت نووية تحتوي على أكثر من "كيلوجرام فعال" وهو مصطلح له أبعاد فنية، حيث تعتمد طريقة حساب كمية الكيلوجرام الفعال حسب النظير المستخدم ونسبة إثرائه.

## تخصيب اليورانيوم

عملية تخصيب اليورانيوم هي تلك العملية التي يتم فيها زيادة نسبة النظير235- والذي يعرف باسم "اليورانيوم المخصب" ولكي يتم ذلك يلجأ العلماء لاستخدام طرق مختلفة تعتمد على وجود فرق طفيف في الكتلة بين نظيري اليورانيوم235- واليورانيوم238-، ومن أشهر التقنيات المستخدمة لتخصيب اليورانيوم ثلاث طرق هي:

1. التخصيب باستخدام الطرد المركزي الغازي.
2. التخصيب باستخدام الانتشار الغازي.
3. التخصيب باستخدام الفصل بالليزر.

وتوجد طريقة رابعة للتخصيب هي "التخصيب الكيميائي" ولكنها أقل شهرة لأنها أقل كفاءة، وفي معظم التقارير الإعلامية يتم الإشارة إلى نسب التخصيب باسم "درجة أو مستوى النقاء". وتجدر الإشارة إلى أن التخصيب باستخدام أجهزة الطرد المركزي هو الأكثر انتشارًا من الناحية التجارية نظرًا لانخفاض تكلفته مقارنة بالطرق الأخرى.

ويشير تقرير نشر في 16 مارس 2015 بمعهد واشنطن لدراسات الشرق الأدنى إلى أن "أول عمل لإيران لتخصيب اليورانيوم يرجع تاريخه إلى السبعينيات عندما حصلت على نظام التخصيب بالليزر من الولايات المتحدة وألمانيا، وفي العقدين التاليين قامت إيران بتخصيب اليورانيوم على النطاق المعملي".

## أنواع اليورانيوم المخصب

### طبقًا لتعريفات الوكالة فإن اليورانيوم ينقسم إلى نوعين:

- يورانيوم منخفض الإثراء (LEU).
- يورانيوم عالي الإثراء (HEU).

النوع الأول وهو اليورانيوم الذي لا تزيد فيه نسبة الإثراء عن 20%، بينما النوع الثاني تتساوى فيه نسبة الإثراء أو تزيد على 20%.

في الماضي في فترة الستينيات والسبعينيات، كانت مفاعلات الأبحاث مصممة لتعمل باليورانيوم عالي الإثراء، وفي هذا الصدد دعمت الوكالة الكثير من الجهود من خلال تقديم حلول تكنولوجية لمساعدة دول العالم على التحول من الوقود النووي عالي الإثراء إلى وقود نووي منخفض الإثراء ثم إعادة اليورانيوم عالي الإثراء إلى بلد المنشأ. وفقًا لبيانات الوكالة فإنه خلال العقود القليلة الماضية، تمت إزالة كميات من اليورانيوم عالي الإثراء تقارب 3500 كجم من مواقع مفاعلات البحوث في جميع أنحاء العالم، كما قامت الوكالة بتقديم الدعم والمساعدة لدول مختلفة مثل أوزبكستان، وأوكرانيا، والبرتغال، وبلغاريا، وبولندا، وجامايكا، والتشيك، وجورجيا، ورومانيا، وشيلي، وصربيا، والصين، وغانا، وفيتنام، وكازاخستان، ولاتفيا، وليبيا، والمكسيك، والنمسا، ونيجيريا، والمجر. وحاليًا يعمل قرابة 220 مفاعل بحوث في 53 بلدًا، تم تشييد 171 منها بقلب مفاعل يعمل باليورانيوم عالي الإثراء. ومنذ عام 1978 تم تحويل 71 مفاعلاً تدار بوقود عالي الإثراء لتعمل بوقود منخفض الإثراء.

## لماذا تقوم الدول بتخصيب اليورانيوم؟

تلجأ الدول إلى تخصيب اليورانيوم لسببين: أحدهما سلمي، والآخر غير سلمي. وتهدف الاستخدامات السلمية لتخصيب اليورانيوم إلى استخدامه كوقود داخل المفاعلات النووية لإنتاج الطاقة التي تكون في البداية طاقة حرارية يتم استخدامها في تبريد الماء فتتحول إلى طاقة بخارية تستخدم لإدارة توربين فنحصل على طاقة حركية تستخدم لإدارة مولد كهربي فتتولد الكهرباء في النهاية. ويستخدم نظير اليورانيوم235- القابل للانشطار لإحداث هذا التفاعل وإنتاج الطاقة في تفاعل يسمى "تفاعلاً انشطاريًا"، وعند وجود كتلة مناسبة من النظير235- فإنها تعمل على استمرار التفاعل بشكل لا يسمح بتوقفه تسمى هذه الكتلة باسم "الكتلة الحرجة"، ويطلق على التفاعل في هذه الحالة اسم "تفاعل انشطاري متسلسل". ويوجد نوعان من المفاعلات التي تستخدم اليورانيوم المخصب هما:

- مفاعلات الأبحاث (المفاعلات التجريبية).
- مفاعلات القوى النووية (مفاعلات توليد الطاقة).

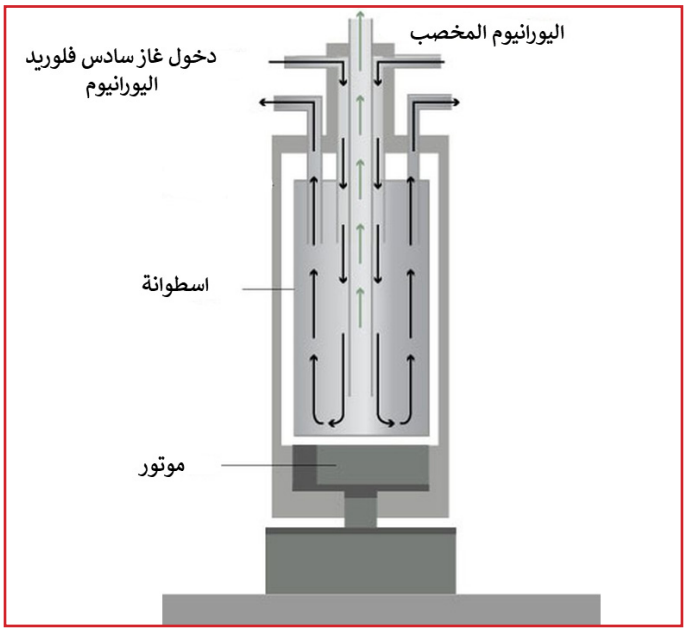
النوع الأول من المفاعلات مصمم بالأساس لغرض إجراء الأبحاث والتجارب، ويتم فيه مؤخرًا استخدام يورانيوم بنسب تخصيب (إثراء) لا تزيد على 20%، بينما النوع الثاني مصمم لإنتاج الكهرباء النووية، ويتم فيه استخدام يورانيوم مخصب بنسب تتراوح من 3-5%. وفي اتجاه آخر مغاير، تستخدم بعض الدول اليورانيوم الطبيعي كوقود لمفاعلاتها مثل كندا التي تستخدم اليورانيوم الطبيعي لتشغيل مفاعل كاندو Candu (تصميم كندي) كما تستخدمه بريطانيا كوقود لتشغيل مفاعل ماجنوكس Magnox.

وتجدر الإشارة إلى أن الدول التي تسعى لتخصيب اليورانيوم بنسبة 90% أو أكثر إنما ترمي إلى صناعة أسلحة نووية، حيث يلزم لصناعة سلاح نووي ما لا يقل عن 20 كجم من اليورانيوم عالي الإثراء بالنسبة المذكورة، وليس فقط اليورانيوم المخصب بهذه النسبة هو المسار الوحيد لصناعة سلاح نووي، بل هناك مسار آخر عن طريق البلوتونيوم وهو مسار يتطلب كتلة أقل. وكما أشرنا سابقًا فإن إيران تمتلك منشأتين في آراك للماء الثقيل وإنتاج النظائر المشعة مثل البلوتونيوم، وهو ما سعت خطة العمل الشاملة المشتركة لوقف إنتاجه.

## التخصيب باستخدام الطرد المركزي

في هذه الطريقة كما هو موضح بالشكل رقم (2)، يتم تدوير (دوران) غاز سادس فلوريد اليورانيوم داخل أسطوانة بسرعة عالية مما يؤدي إلى فصل نظير اليورانيوم238- على جانبي الأسطوانة (الجدار) بينما يكون نظير اليورانيوم235- في مركز الأسطوانة ثم يتم تجميع الغاز الذي يحتوي على تركيز أعلى من نظير اليورانيوم235- ليتم إعادة هذه العملية مرة أخرى للحصول على تركيزات أعلى منه، وهكذا بشكل متتالٍ تتكرر العملية داخل سلسلة من أجهزة الطرد المركزي لنحصل في النهاية على يورانيوم مخصب بالنسبة المرادة، وتعتمد هذه النسبة على عدد أجهزة الطرد المركزي المستخدمة، وكفاءتها، والمدة الزمنية التي يتم فيها إجراء عملية الإثراء.

**شكل (2): نموذج لجهاز طرد مركزي غازي**
**المصدر مقال بعنوان "الصفقة النووية الإيرانية"**




كلما زادت سرعة دوران الغاز داخل الأسطوانة وارتفاعها زادت نسبة التخصيب. ويتم قياس ناتج جهاز الطرد المركزي بما يسمى "وحدات العمل المنفصلة" (SWU) في السنة، وتعكس وحدة العمل المنفصلة الجهد اللازم لفصل نظيري اليورانيوم235-، واليورانيوم238- في عملية التخصيب، وكلما زاد الرقم الخاص بوحدات العمل المنفصلة لجهاز الطرد المركزي دل ذلك على أن الجهاز يقوم بتخصيب كميات أكبر من اليورانيوم، وقد نجحت طهران في إنتاج وتطوير أجهزة طرد مركزي ذات كفاءة عالية وناتج عالٍ مكنها حتى الآن من بلوغ نسبة 60% بشكل أكيد في ظل وجود تقارير تشير إلى أن إيران قد تضاعف مخزون اليورانيوم لديها 23 ضعف المسموح به حتى الآن، فضلاً عن العثور على آثار ليورانيوم عالي الإثراء بنسبة 83.7% وهي نسبة تقارب تلك اللازمة لصناعة سلاح نووي.

## كيف تمكنت إيران من اكتساب المعرفة النووية وتكنولوجيا التخصيب؟

يشير تقرير معهد واشنطن لسياسات الشرق الأدنى المشار إليه سابقًا إلى أن "أول نجاح لإيران في سعيها للوصول إلى التكنولوجيا المتعلقة بتخصيب اليورانيوم كان في أواخر الثمانينيات من القرن الماضي، حيث حصلت إيران حينها على أجهزة الطرد المركزي من باكستان (عبر السوق السوداء النووية)، كما حصلت من الصين على معمل لتخصيب اليورانيوم بالليزر، وبعد مرور عقد حصل الإيرانيون على معدات ليزر أكثر تقدمًا من روسيا".

وقد قامت إيران بإنتاج الآلاف من أجهزة الطرد المركزي الضرورية لبرنامجها النووي، حيث بدأت في بذل الجهود لتحصيل كل من المعرفة والمكونات اللازمة لتصنيع أجهزة الطرد المركزي من خلال الشبكة التي قادها العالم الباكستاني "عبد القدير خان"، حيث تمكن خان من نقل التصاميم الخاصة بأجهزة الطرد المركزي من شركة "URENCO" البريطانية الألمانية الهولندية لباكستان في السبعينيات. وفي وقت لاحق، قام سرًا بنقل التصميمات ومكونات أجهزة الطرد المركزي إلى عدة دول، كان من بينها إيران، وتنقسم المواد اللازمة لتشغيل سلسلة الطرد المركزي على نطاق واسع إلى ثلاث فئات:

- مواد البناء، مثل ألياف الكربون والفولاذ المارجينج والألومنيوم عالي القوة.
- عناصر أنظمة التحكم في الطاقة الكهربائية، مثل محولات التردد وبرامج التحكم في العمليات.
- معدات لتشغيل السلاسل التعاقبية، مثل محولات الضغط ومضخات التفريغ.

وقد قامت طهران بتوفير تلك المواد من خلال الاعتماد على طبيعتها، حيث إن لها استخدامات مزدوجة. وتشير بعض المعلومات المنشورة بمقال في Kings college London بتاريخ 6 أغسطس 2019، إلى أنه قد تم تصنيف العديد من مصنعي الألومنيوم الصينيين من قبل الولايات المتحدة بتهمة تزويد إيران بمواد ذات استخدام مزدوج. يذكر أنه بموجب خطة العمل الشاملة المشتركة، تم تقييد شراء إيران للمواد التي يمكن استخدامها في تصنيع أجهزة الطرد المركزي الغازية، حيث يجب أن تحصل إيران على المواد والمعدات التي لها تطبيقات نووية من خلال "قناة المشتريات" الرسمية، مما يسمح لمجلس الأمن التابع للأمم المتحدة بالإبقاء على الرقابة والقيود على واردات هذه المواد إليها، وبالتالي فقد كانت أي عملية مشتريات من هذا القبيل تتم خارج قناة المشتريات الرسمية تمثل انتهاكًا خطيرًا لشروط الخطة.

## القدرة على التخصيب في العالم

يُعتبر تخصيب اليورانيوم من الموضوعات الحساسة من الناحية الاستراتيجية، خاصة فيما يتعلق بمنع الانتشار، بالإضافة إلى ذلك فإنها عملية تتطلب الكثير من رأس المال، مما يمثل عقبة كبيرة أمام دخول أي مورد جديد لليورانيوم المخصب. ومن ثم هناك عدد قليل نسبيًا من موردي التخصيب التجاريين الذين يقومون بتشغيل عدد محدود من المنشآت في جميع أنحاء العالم، وهناك ثلاثة منتجين رئيسيين في الوقت الحالي:

- أورانو Orano.
- وروساتوم Rosatom.
- ويورنكو Urenco.

تدير هذه الشركات منشآت تخصيب تجارية كبيرة في فرنسا، وألمانيا، وهولندا، والمملكة المتحدة، والولايات المتحدة الأمريكية، وروسيا، وتعتبر سي إن إن سي CNNC بالصين موردًا محليًا رئيسيًا وتتابع مبيعات التصدير، بينما في اليابان والبرازيل تدير شركات دورة الوقود المحلية قدرة إمداد متواضعة. ويوضح كل من جدول (2) وجدول (3) قدرات التخصيب العالمية الحالية وكذلك المخطط لها حتى عام 2030 وفقًا للبيانات التي تم الحصول عليها من تقرير الوقود النووي لعام 2021 والمنشور بالموقع الرسمي للرابطة النووية العالمية بتاريخ أكتوبر 2022.

**جدول (2): قدرة التخصيب العالمية الحالية**

| الدولة | الشركة والمنشأة | القدرة في 2020 (ألف وحدة عمل منفصلة/السنة) |
|---|---|---|
| فرنسا | Areva, Georges Besse I & II | 7500 |
| ألمانيا | ,Urenco: Gronau | 13700 |
| هولندا | Almelo | |
| المملكة المتحدة | Capenhurst | |
| الولايات المتحدة الأمريكية | Urenco, New Mexico | 4900 |
| روسيا | Tenex: Angarsk, Novouralsk, Zelenog–orsk, Seversk | 27700 |
| الصين | CNNC, Hanzhun & Lanzhou | 6300 |
| أخرى | البرازيل والأرجنتين والهند وباكستان وإيران | 66 |
| **الإجمالي التقريبي لوحدة العمل المنفصلة في السنة** | | **60166** |

**جدول (3): قدرات التخصيب العالمية المخطط لها**

| المشغل | القدرة (ألف وحدة عمل منفصلة/السنة) | | |
|---|---|---|---|
| | عام (2020) | عام (2025) | عام (2030) |
| **سي إن إن سي** | 6300 | 11000 | 17000 |
| **أورانو** | 7500 | 7500 | 7500 |
| **روساتوم** | 27700 | 26200 | 24٨00 |
| **يورينكو** | ١٨٦٠٠ | 17300 | 16300 |
| **أخرى** | 66 | 375 | 525 |
| **الإجمالي** | 60166 | 62375 | 66125 |

## القدرة على التخصيب في إيران

قامت إيران بتركيب أجهزة طرد مركزي في منشآت التخصيب في ناتانز، الواقعة في محافظة أصفهان، وفوردو وهي منشأة تقع تحت سطح الأرض (٨٠ مترًا) في منطقة جبلية خارج مدينة قم، كجزء من برنامجها النووي. ويوجد لدى طهران أجيال مختلفة من أجهزة الطرد المركزي في منشآت التخصيب المختلفة، وتشمل منشآت التخصيب الإيرانية ما يلي:

- المنشأة التجريبية لتخصيب الوقود في ناتانز (PFEP).
- منشأة تخصيب الوقود في ناتانز (FEP).
- منشأة تخصيب الوقود في فوردو (FFEP).

وتجدر الإشارة إلى أن إيران بموجب الاتفاق النووي لعام 2015، قد وافقت على وقف عمليات تخصيب اليورانيوم في منشأة فوردو وحولتها إلى "مركز للطاقة النووية والفيزياء والتكنولوجيا"، إلا أنه بعد الانسحاب الأمريكي من الاتفاقية في عام ٢٠١٨ فإن إيران قد استأنفت عمليات التخصيب في المنشأة. وفي نوفمبر 2022 بدأت إيران تخصيب اليورانيوم بنسبة 60% في فوردو. وقد كانت إيران بالفعل تقوم بالتخصيب إلى هذا المستوى في منشأة ناتانز بالقرب من أصفهان. وقد تم العثور على آثار لجزيئات يورانيوم عالي الإثراء (٨٣.٧%) في منشأة فوردو وهو أمر استدعى إيران لتقديم تفسيرات بشأنه مؤخرًا للوكالة، خاصة وأن تلك النسب العالية من الإثراء تستلزم تكنولوجيا متقدمة من أجهزة الطرد المركزي (أجيال أكثر تقدمًا).

## أجيال أجهزة الطرد المركزي لدى إيران

وفقًا لمشروع ويسكونسن للحد من الأسلحة النووية في تقرير تم نشره في 11 يناير عام 2023 بمعهد الولايات المتحدة للسلام، فقد تم تصنيف أجهزة الطرد المركزي التي تمتلكها إيران إلى أربعة أجيال:

### 1.الجيل الأول:

يعتبر هذا الجيل من أجهزة الطرد المركزي الأكثر انتشارًا داخل منشآت إيران خاصة الطراز أي آر 1 (IR-1)، وقد بدأ البحث والتصميم فيه بشكل جدي في أواخر التسعينيات اعتمادًا على التصميم الذي قدمه خان. ويُقدر ناتج جهاز طرد مركزي من نوع أي آر 1 داخل سلسلة بحوالي 0.8 وحدة عمل منفصلة سنويًا، وهو معدل ضعيف مقارنة بالأنواع الإيرانية الأكثر تقدمًا.

بدأت إيران اختبار سلسلة من 10 و20 جهاز طرد مركزي في المنشأة التجريبية لتخصيب الوقود في ناتانز في فبراير 2006. بعد شهرين، بدأت في إنتاج اليورانيوم المخصب هناك باستخدام سلسلة واحدة مؤلفة من 164 جهاز طرد مركزي من طراز IR-1. بحلول أواخر عام 2007، كانت إيران تنتج اليورانيوم المخصب بـ18 سلسلة في محطة إثراء الوقود منشأة تخصيب الوقود في ناتانز. تم إنتاج معظم اليورانيوم الإيراني منخفض الإثراء بواسطة IR-1، اعتبارًا من نوفمبر 2022، وقد كانت إيران تقوم بتشغيل ما يقرب من 7000 جهاز طرد مركزي من هذا الطراز.

### 2. الجيل الثاني:

قامت إيران بتطوير الجيل الثاني من أجهزة الطرد المركزي من طراز IR-2m وIR-4 من خلال الاستفادة من رسومات ومكونات P-2 الباكستانية التي قدمها خان، ويُقدر ناتج كل من IR-2m و IR-4 بنحو 4 إلى 5 وحدة عمل منفصلة سنويًا، أو أربع إلى خمس مرات أكبر من IR-1.

قامت إيران باختبار IR-2m وIR-4 منذ عام 2009. وبدأت في تركيب أجهزة طرد مركزي من طراز IR-2m في منشأة تخصيب

الوقود في ناتانز بحلول فبراير 2013. وحتى عام 2019، لم تستخدم إيران أي نوع من أجهزة الطرد المركزي لتخصيب اليورانيوم -وفقًا لخطة العمل الشاملة المشتركة- لكنها استمرت في عمليات البحث والتطوير.

عندما انسحبت الولايات المتحدة الأمريكية من الاتفاق النووي عام 2018 بدأت إيران في خرق الاتفاق في عام 2019، وقامت بزيادة نسبة التخصيب باستخدام كلتا الآلتين. بحلول نوفمبر 2022، كانت إيران تشغل 1044 جهاز طرد مركزي IR-2m و348 جهاز طرد مركزي IR-4 لإنتاج اليورانيوم منخفض الإثراء في منشأة تخصيب الوقود في ناتانز. كانت تستخدم أيضًا سلسلة واحدة من 164 جهاز طرد مركزي من طراز IR-4 جنبًا إلى جنب مع سلسلة من آلات IR-6 لتخصيب اليورانيوم بنسبة 60% في المنشأة التجريبية لتخصيب الوقود في ناتانز.

### 3. الجيل الثالث:

أنتجت إيران لأول مرة أجهزة طرد مركزي من طراز IR-6 في عام 2009. وقد أكدت الوكالة في فبراير 2013 أن إيران كانت تستخدم أجهزة طرد مركزي IR-6 وIR-6s (البديل) في المنشأة التجريبية لتخصيب الوقود في ناتانز. في عام 2020، بدأت إيران في اختبار مجموعات أكبر من IR-6. تشير البيانات إلى أن ناتج IR-6 يبلغ حوالي 10 وحدة عمل منفصلة سنويًا، أي ما يقرب من ضعف الإنتاج المفترض لـIR-2m وIR-4.

في عام 2021، بدأت إيران في استخدام سلسلة من أجهزة الطرد المركزي من طراز IR-6 لإنتاج اليورانيوم المخصب بنسبة تصل إلى 60% في ناتانز. ولأول مرة، قامت أيضًا بتركيب أجهزة IR-6 في فوردو واستخدمتها جنبًا إلى جنب مع سلسلة IR-1 التعاقبية لإنتاج اليورانيوم المخصب بنسبة 20%، وبعد عام أعلنت إيران أنها تخصب اليورانيوم بنسبة 60% هناك. قامت إيران أيضًا بتركيب 522 جهاز طرد مركزي من طراز IR-6 في ثلاث مجموعات متتالية في منشأة تخصيب الوقود في ناتانز منذ منتصف عام 2022.

### 4. الجيل الرابع:

في ديسمبر 2013، أبلغت طهران الوكالة بنيتها تثبيت IR-8. وسرعان ما قامت بتركيب غلاف فارغ لها في المنشأة التجريبية لتخصيب الوقود في ناتانز، ربما لتضمين IR-8 في إطار خطة العمل المشتركة، تمهيدًا لخطة العمل الشاملة المشتركة. تشير البيانات إلى أن إنتاج IR-8 يتراوح بين 20 و24 وحدة عمل منفصلة سنويًا، أي ضعف إنتاج IR-6.

بدأت إيران اختبار IR-8 في المنشأة التجريبية لتخصيب الوقود في ناتانز في يناير 2017. في عام 2019، اختبرت إيران نوعين آخرين، IR-8s وIR-8B، بعد فترة وجيزة من إعلانها للوكالة.

اختبرت إيران أيضًا IR-9، والذي قد يمثل الجيل الخامس من أجهزة الطرد المركزي، وقد عُرض على الصحفيين الإيرانيين الذين يزورون ناتانز في نوفمبر 2019، ومن المفترض أن ناتج هذا الطراز يتراوح بين 40 إلى 50 وحدة عمل منفصلة سنويًا، أي ضعف إنتاج IR-8. اعتبارًا من نوفمبر 2022، تم اختبار جهاز طرد مركزي من طراز IR-8 بالإضافة إلى آخر من طراز IR-8B وآخر من طراز IR-9 في المنشأة التجريبية لتخصيب الوقود في ناتانز.

## لماذا لم يتوقف البرنامج النووي الإيراني باغتيال العلماء؟

كما تمت الإشارة سابقًا إلى أن البرنامج النووي الإيراني كان قائمًا بشكل أساسي على العلم والمعرفة وأعمال البحث والتطوير وتلك الركائز دعمتها السياسة والدبلوماسية بشكل كبير، لذا فإن التساؤل الذي يطل علينا بشكل ملح طالما أن الأمر كذلك: لماذا لم يتوقف برنامج طهران النووي باغتيال علمائها؟

تعرض البرنامج النووي لإيران لمحاولات تقويض عدة كان أهمها اغتيال العلماء النوويين الإيرانيين، إلا أن هذا لم ينجح في أن تتوقف طهران عن مساعيها النووية، فقد كان فقدان أحد العلماء بالنسبة لطهران بمثابة اغتيال لفرد دون المساس بالمعرفة التي يتم الوصول إليها، ومن المؤكد أن طهران كي تحقق ذلك كانت لديها استراتيجية طويلة المدى لما يسمى "إدارة المعرفة النووية" تم بناؤها على أساس قوي، ومن المؤكد أنها انتهجت في إدارتها النووية سياسة "الصفوف المتوازية" أو ما يمكن تسميته "البدائل الجاهزة المؤهلة".

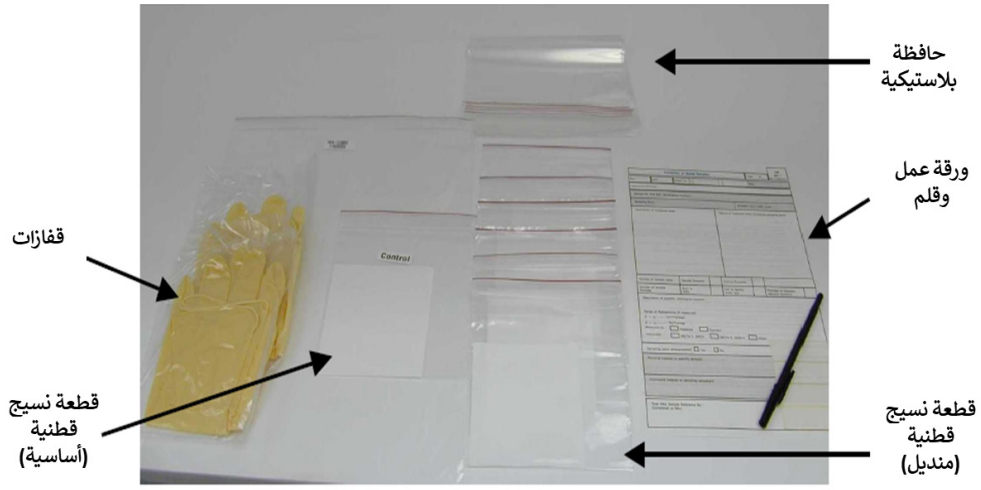
وتشير التقارير إلى أن إيران قد تعرضت لاغتيالات عدة في صفوف علمائها يأتي على رأسها اغتيال العالم النووي "محسن فخري زاده" الذي كان من أبرز العلماء المشرفين على البرنامج النووي الإيراني، وتفيد بعض المعلومات إلى أنه كان يعمل أستاذًا للفيزياء النووية وضابطًا في صفوف الحرس الثوري الإيراني، وينسب إليه قيادة خطة التسلح الإيرانية المعروفة باسم "خطة آماد" وهي خطة لإنتاج أسلحة نووية يرجح أنه تم الموافقة عليها في عام 1999 أو أوائل عام 2000، وقد كانت الخطة تهدف كما تشير بعض التقارير إلى إنتاج أسلحة نووية بحلول عام 2004.

في السياق ذاته، لا يمكن إغفال نوع آخر من المعرفة الإيرانية تمثل في القدرة على التصدي لتساؤلات الوكالة وتقديم التفسيرات العلمية (المبررات) المناسبة لها مما أثمر عن توفير البيئة العلمية المناسبة وأجواء هادئة للباحثين الإيرانيين للقيام بأعمال البحث والتطوير والمضي قدمًا صوب تحقيق حلم طهران النووي.

## الوكالة وطهران.. تساؤلات وتفسيرات

بعد أن يقوم مفتشو الوكالة بإجراء عمليات التفتيش على المنشآت النووية بموجب الالتزامات الدولية، يعود المفتشون إلى مقر الوكالة في فيينا (النمسا) وفي حوزتهم عينات تحتوي على جزيئات متناهية الصغر من الغبار تم تجميعها من داخل المنشآت النووية من خلال مسحات على نسيج أشبه بالمناديل القطنية، ويوضح الشكل رقم (3) نموذجًا متكاملًا يستخدمه مفتشو الوكالة للحصول على عينة بيئية من داخل منشأة نووية. تسمح هذه العينات بتحليل آثار المواد النووية التي يمكن أن تكشف عن معلومات حول الأنشطة الحالية والسابقة في منشأة نووية، والتحقق مما إذا كانت الدولة ملتزمة بعدم تحويل المواد النووية عن الأغراض السلمية، أو ما إذا كانت منخرطة في أنشطة نووية غير معلنة.

**شكل (3): نموذج متكامل للأدوات المستخدمة للحصول على عينة بيئية**
**المصدر: الوكالة الدولية للطاقة الذرية.**



ويتم إجراء التحليل لهذه العينات في مختبر العينات البيئية، المعروف أيضًا باسم "المختبر النظيف" في Seibersdorf جنوب فيينا، النمسا. يحتوي هذا المختبر على معدات متطورة للغاية يمكنها فصل وتحليل كل جزء من هذه الجزيئات بشكل فردي من عينات الغبار. بالإضافة إلى المختبر النظيف للضمانات التابع للوكالة الدولية للطاقة الذرية، تم في البداية اعتماد مختبرات متخصصة في أربع دول أعضاء بالوكالة ذات قدرات متقدمة لتحليل العينات البيئية ضمن شبكة للمختبرات التحليلية (NWAL).

وتعتبر الجزيئات التي تنطوي على يورانيوم أو بلوتونيوم بالأخص عناصر ذات أهمية للوكالة، حيث يمكن استخدامها للأغراض السلمية وغير السلمية. يقوم الخبراء في المختبر بتحليل النظائر الانشطارية (U-235 وPu-239) في عينات اليورانيوم والبلوتونيوم. يتم الإبلاغ عن نتائج القياس المستمدة من التحليل المختبري للعينات البيئية التي يتم الحصول عليها من مختبر الوكالة النظيف أو من شبكة المختبرات التحليلية إلى إدارة الضمانات بالوكالة، حيث يتم تقييمها ومقارنتها بالبصمة النووية للمنشأة التي تم أخذ عينات منها. وفي حالة ما إذا كانت هناك أدلة على أنشطة غير معلنة فإن الدولة ملزمة بتقديم تفسيرات علمية مقبولة لنتائج هذه التحاليل وإلا فسيتم اتخاذ إجراءات تصعيدية تجاه الدولة. ويُعتبر تقديم الردود المناسبة المقنعة للوكالة والمستند إلى حقائق علمية نوعًا آخر من المعرفة والعلم الذي لو لم تكن إيران تملكه لما نجحت في إقناع الوكالة والرد على تساؤلاتها مؤخرًا، وهو أمر كان له أثر إيجابي في تحسن موقف طهران أمام الوكالة، وهو ما ظهر جليًا في تقريرها الأخير قبيل اجتماع مجلس محافظي الوكالة.

وتجدر الإشارة إلى أن هذا النوع من التحاليل يسمى تحليل "العينات البيئية" أو "العينات المسحية"، وهو يعتمد بالأساس على مبدأ أنه مهما كان النشاط النووي الذي يتم إجراؤه عمليًا فإنه حتمًا ستنتج عنه كميات ضئيلة جدًا من المواد في صورة جزيئات متناهية الصغر يمكن أن تستقر على المعدات أو أسطح وجدران المباني أو يمكن أن تنتقل للخارج لتستقر على النبات أو التربة أو قد تصل إلى المياه. تم اعتماد هذه الطريقة في عام 1995 من قبل مجلس محافظي الوكالة كأداة فعالة وأحد تدابير الضمانات لزيادة التأكيد على عدم وجود أنشطة غير معلن عنها في المنشأة النووية، وذلك بعد مجموعة من المحاولات والتجارب للوقوف على مدى فاعلية هذه الطريقة كإحدى طرق التحقق من المواد والأنشطة النووية.

في النهاية، ليست العينات البيئية هي الطريقة الوحيدة التي تستخدمها الوكالة في التحقق من النشاط النووي الإيراني وإنما توجد طرق أخرى معتمدة، مثل: القياسات الإتلافية، والقياسات اللا إتلافية، وطرق الاحتواء والمراقبة، وصور الأقمار الصناعية، بالإضافة إلى المصادر المفتوحة للمعلومات التي قد تكون أبحاثًا علمية منشورة أو أحاديث إعلامية أو إذاعية أو مقالات وتقارير وأخبار مكتوبة وغيرها. ويبين الشكل رقم (4) نموذجًا للكاميرات التي قامت الوكالة بتثبيتها داخل منشآت إيران النووية.

وتجدر الإشارة إلى أن طريقة التحقق من الأنشطة النووية وخاصة الحساسة منها داخل المنشآت النووية الإيرانية باستخدام معدات مراقبة كانت أمرًا مثيرًا للجدل بين طهران والوكالة وسجالًا متكررًا بين التشغيل والإيقاف ثم إعادة التشغيل مرة أخرى.

**شكل (4): نموذج للكاميرات التي تستخدمها الوكالة لأغراض الضمانات النووية**

## ختامًا

التجربة النووية الإيرانية استفادت من دروس الآخرين، وأكدت على مجموعة من النقاط أهمها ما يلي:

- لولا العلم والمعرفة والبحث والتطوير لما نجح المفاوض الإيراني في أن يرواغ سياسيًا ويناور دبلوماسيًا.
- من يمتلك المعرفة على المستوى المعملي قادر على تسخيرها على المستوى الصناعي في حال توفر التكنولوجيا اللازمة.
- ثلاثية (العلم، والسياسة، والدبلوماسية) تمثل بعدًا هامًا من أبعاد العمل النووي لأي دولة، والتنسيق والتعاون بين المكونات الثلاثة جزء أصيل من أمنها القومي.
- دور الوسيط في التفاوض دور هام في عمليات التفاوض غير المباشرة.
- الإدارة النووية الرصينة، وجزء أصيل منها إدارة المعرفة النووية، تساعد بشكل كبير في تفادي سيناريوهات تقويض القدرات، خاصة في ظل التعرض لعمليات اغتيال، لأن مثل هذه الإدارة تنتقل بالقدرة النووية من مرحلة اغتيال المعرفة إلى اغتيال فرد فقط.
- الاستراتيجيات النووية لبناء قدرة نووية لأي دولة هي استراتيجيات طويلة المدى تستدعي التحلي بالنفس الطويل، وتتطلب آليات عمل ونظم إدارة متكاملة ومستدامة.
- الدبلوماسية الإيرانية حتى هذه اللحظة ما زالت تؤتي أكلها مقابل الدبلوماسية النووية الغربية والأمريكية والتهديدات الإسرائيلية.
- امتلاك معظم مراحل دورة الوقود النووي إن لم تكن كلها، بالإضافة إلى إنتاج الوقود النووي، مبدأ أساسي في العقيدة النووية الإيرانية لتأمين أنشطتها النووية.
- توزيع المنشآت النووية الإيرانية على مساحة البلاد واختيار مواقعها الجغرافية طبقًا لحساسيتها درس مهم استوعبته إيران وجنبها سيناريوهات تقويض نووية مختلفة.

**في النهاية،** إن الوصول إلى اتفاق نووي أمر ضروري للحفاظ على الاستقرار بين دول المنطقة، وينعكس بشكل مباشر على مبدأ عدم الانتشار العالمي.

يسعى المركز "المصري للفكر والدراسات الاستراتيجية"، الذي أُسس في عام 2018 كمركز "تفكير" مستقل؛ إلى تقديم الرؤى والبدائل المختلفة بشأن القضايا والتحولات الاستراتيجية، على الصعيد المحلي والإقليمي والدولي على حد سواء. ويولي اهتمامًا خاصًا بالقضايا والتحولات ذات الأهمية للأمن القومي والمصالح المصرية.

يستهدف المركز دوائر صنع القرار، بإمدادها بالخيارات والبدائل عند التعامل مع التحديات والقضايا الداخلية والإقليمية والدولية، وكذلك الباحثين والمتخصصين في الشئون السياسية، والاقتصادية، والاجتماعية، والأمنية، داخل مصر وخارجها. ويرمي المركز من خلال خدماته المختلفة إلى المساهمة في تنوير وترشيد الجدال والرأي العام في مصر وإقليم الشرق الأوسط، ونشر قواعد التفكير والبحث العلمي.

ويقوم المركز بمجموعة من المهام، والأنشطة، والخدمات المتنوعة، تشمل: تقديرات المواقف، وأوراق السياسات، وعقد ورش العمل والندوات والمؤتمرات، إلى جانب عددٍ من الإصدارات الشهرية باللغتين العربية والإنجليزية، فضلاً عن الموقع الإلكتروني للمركز الذي يتضمن سلسلة من التحليلات لمختلف التطورات على الساحة المصرية، والساحتين الإقليمية والدولية، ونشر إنتاج البرامج البحثية المختلفة.

## البرامج والأقسام

يُمارس المركز رسالته من خلال ثلاثة برامج بحثية أساسية، هي:

أولاً- برنامج العلاقات الدولية: ويُعنَى بدراسة التحولات الدولية الأبرز على الساحة الدولية، وعلى مستوى إقليم الشرق الأوسط، خاصة ذات الطابع الاستراتيجي، وتأثيرها على المصالح والأمن القومي المصري، وذلك في مختلف الأقاليم الجغرافية. ويضم البرنامج مجموعة من الوحدات المتخصصة، منها: وحدة الدراسات الأمريكية، وحدة الدراسات الأوروبية، وحدة الدراسات الآسيوية، وحدة الدراسات الإفريقية، وحدة الدراسات العربية والإقليمية.

ثانيًا- برنامج الأمن وقضايا الدفاع: ويحلل قضايا الأمن القومي بأبعاده المختلفة، ويضم العديد من الوحدات، منها: وحدة الأمن السيبراني، وحدة التسلح، وحدة التطرف، وحدة الإرهاب والصراعات المسلحة.

ثالثًا- برنامج السياسات العامة: ويُعنَى بدراسة القضايا والتحولات ذات الصلة بالسياسات العامة داخل مصر من خلال مجموعة من الوحدات المتنوعة، منها: وحدة الاقتصاد ودراسات الطاقة، وحدة دراسات الرأي العام، وحدة دراسات المرأة وقضايا الأسرة.

وتتسم الوحدات البحثية بدرجة من المرونة، بحيث تعكس الأجندة البحثية المعتمدة من جانب المركز خلال فترة زمنية محددة، وفقًا لتقييم موضوعي للواقع الراهن على الأصعدة المختلفة (المحلي، والإقليمي، والدولي)، وأنماط التحديات والتهديدات القائمة.

وإلى جانب البرامج البحثية، يضم المركز "المرصد المصري" لأهم القضايا التي تشغل الرأي العام، المصري والعالمي، بالإضافة إلى تقديم متابعة دقيقة تحليلية متخصصة لقضايا بعينها تشغل صناع القرار في الشرق الأوسط والعالم. وكذلك "مدونة" لشباب الباحثين والكتاب من خارج المركز، من مختلف الجنسيات، للتعبير عن رؤاهم وطرح أفكارهم فيما يخص الأحداث المتسارعة من حولهم.

جميع حقوق الملكية الفكرية محفوظة ونافذة للمركز المصري للفكر والدراسات الاستراتيجية

**للتواصل والمعلومات:**

100 شارع الميرغني – مصر الجديدة – القاهرة

+20226905863 | +20226905862 |+20226905861

/ecsstudies

ECSS
المركز المصري
للفكر والدراسات الاستراتيجية
EGYPTIAN CENTER FOR STRATEGIC STUDIES

100 شارع الميرغني, مصر الجديدة,القاهرة،مصر
/ecsstudies