IAEA
تسخير الذرة من أجل السلام

المؤتمـــر العـــام

GC(52)/INF/3
Date: 11 July 2008

General Distribution
Arabic
Original: English

الدورة العادية الثانية والخمسون

البند ١٦ من جدول الأعمال المؤقت
الوثيقة (GC(52)/1)

استعراض التكنولوجيا النووية لعام ٢٠٠٨

تقرير من المدير العام

موجز

- تلبية لطلبات الدول الأعضاء، تصدر الأمانة كل عام استعراضاً شاملاً للتكنولوجيا النووية. ويرد مرفقاً بهذه الوثيقة التقرير الخاص بالعام الجاري، والذي يسلّط الضوء على التطورات البارزة التي شهدها عام ٢٠٠٧.

- يتناول *استعراض التكنولوجيا النووية لعام ٢٠٠٨* المجالات التالية: تطبيقات القوى، والانشطار والاندماج المتقدم، والبيانات الذرية والنووية، وتطبيقات المعجلات ومفاعلات البحوث، واستخدام التكنولوجيات النووية في مجال الأغذية والزراعة، والصحة البشرية، والبيئة، والموارد المائية، والتكنولوجيا الإشعاعية. وتتوافر وثائق إضافية ذات صلة بوثيقة *استعراض التكنولوجيا النووية لعام ٢٠٠٨* عبر موقع الوكالة الإلكتروني[١] باللغة الانكليزية، وذلك فيما يخص التطورات والاتجاهات في مجال أمان الأغذية، واستخدام تقنيات النظائر المستقرة لصياغة برامج التغذية ورصدها، ومواد مرجعية لأغراض التجارة والتطوير، وتكنولوجيا إعادة المعالجة المتقدمة، والتغييرات التي طرأت على تجهيز المفاعلات والتحكم فيها، وتكنولوجيا المفاعلات السريعة وتغيُّر المناخ، والعلوم والتكنولوجيا النووية.

- ويمكن أيضاً الاطلاع على معلومات عن أنشطة الوكالة المتعلقة بالعلوم والتكنولوجيا النووية في *التقرير السنوي لعام ٢٠٠٧* (الوثيقة GC(52)/9)، خاصة في القسم الذي يتناول "التكنولوجيا"، وفي *تقرير التعاون التقني لعام ٢٠٠٧* (الوثيقة GC(52)/INF/5)؛ الصادرين عن الوكالة.

- وقد تم تعديل الوثيقة بحيث تراعي، بقدر المستطاع، تعليقات معينة أدلى بها المجلس وتعليقات أخرى من الدول الأعضاء.

---

١ الموقع الإلكتروني: www.iaea.org/About/Policy/GC/GC52/Agenda/.

المحتويات

موجز جامع ١
ألف- تطبيقات القوى ٣
ألف-١- القوى النووية اليوم ٣
ألف-٢- النمو المتوقّع بشأن القوى النووية ٥
ألف-٣- تدويل صناعة المفاعلات النووية ٦
ألف-٤- المرحلة الاستهلالية لدورة الوقود ٧
ألف-٥- الوقود المستهلك وإعادة المعالجة ١٠
ألف-٦- النفايات والإخراج من الخدمة ١٠
ألف-٧- العوامل الإضافية المؤثّرة في مستقبل القوى النووية ١١
ألف-٧-١- التنمية المستدامة وتغير المناخ ١١
ألف-٧-٢- الجوانب الاقتصادية ١٢
ألف-٧-٣- الأمان ١٣
ألف-٧-٤- تنمية الموارد البشرية ١٤
باء- الانشطار والاندماج المتقدّمان ١٥
باء-١- الانشطار المتقدم ١٥
باء-١-١- المشروع الدولي المعني بالمفاعلات النووية ودورات الوقود الابتكارية (إنبرو) والمحفل الدولي للجيل الرابع من المفاعلات ١٥
باء-١-٢- الشراكة العالمية في مجال الطاقة النووية ١٦
باء-١-٣- مزيد من التطوير في مجال الانشطار المتقدّم ١٦
باء-٢- الاندماج ١٧
جيم- البيانات الذرية والنووية ١٨
دال- التطبيقات الخاصة بالمعجلات ومفاعلات البحوث ١٩
دال-١- المُعجّلات ١٩
دال-٢- مفاعلات البحوث ٢٠
هاء- التكنولوجيات النووية في مجال الأغذية والزراعة ٢١
هاء-١- تحسين المحاصيل ٢١
هاء-٢- تعزيز توليد الوقود الحيوي ٢٢
هاء-٣- تحسين إنتاجية المواشي والصحة البيطرية ٢٣
هاء-٤- مكافحة آفات الحشرات ٢٤
هاء-٤-١- استخدام تقنية الحشرة العقيمة لمكافحة ذباب تسي تسي ٢٤
هاء-٤-٢- استخدام تقنية الحشرة العقيمة لمكافحة ذباب الفاكهة ٢٤
هاء-٤-٣- استخدام تقنية الحشرة العقيمة لمكافحة الديدان ٢٥
هاء-٥- تشعيع الأغذية ٢٥
واو- الصحة البشرية ٢٦
واو-١- النهج الفردي بشأن علاج السرطان من خلال الطبّ النووي ٢٦

واو-٢- العلاج الإشعاعي للأورام ٢٧
واو-٣- التغذية ٢٨
زاي- البيئة ٢٩
زاي-١- تحسين عملية كشف النويدات المشعّة لأغراض تقييم البيئة البرّية ٢٩
زاي-٢- جودة نتائج القياسات ٢٩
زاي-٣- تطبيق التكنولوجيات النووية في مجال استدامة البيئة البرّية ٣٠
زاي-٣-١- توسيع نطاق تطبيقات القياس الإشعاعي في مجال أمان الأغذية البحرية ٣٠
زاي-٣-٢- تغيّر المناخ وتَحمُّض المحيطات ٣٠
حاء- الموارد المائيّة ٣١
طاء- التكنولوجيا الإشعاعية ٣٣
طاء-١- إنتاج النظائر المشعّة ٣٣
طاء-٢- البوليمرات الطبيعية ٣٣
طاء-٣- الملوّثات البيولوجية الخطرة ٣٤
طاء-٤- التّتبع المؤتمت الحاسوبي للجسيمات المشعّة ٣٥

استعراض التكنولوجيا النووية لعام ٢٠٠٨

تقرير من المدير العام

موجز جامع

١- شهد عام ٢٠٠٧ دلائل على أن التوقعات المتصاعدة مؤخراً بشأن القوى النووية قد بدأت تترجَم إلى زيادة في معدل تشييد المرافق. فقد بدئ في تشييد سبعة مرافق، بالإضافة إلى استئناف التشييد الفعلي في مرفق Watts Bar 2 في الولايات المتحدة الأمريكية، وما مجموعه ٣٣ مفاعلاً قيد التشييد في نهاية العام. ويشار إلى أن تشييد مرفق Watts Bar 2 هو أول تشييد فعلي في الولايات المتحدة الأمريكية منذ عام ١٩٩٦. وقد تلقت الهيئة الرقابية النووية في الولايات المتحدة أربعة طلبات تخص تراخيص مجمعة، وهي أولى طلبات لمفاعلات نووية جديدة في الولايات المتحدة الأمريكية منذ زهاء ٣٠ عاماً. كما بدأ التشييد في مرفق Flamanville 3، وهو أول تشييد يبدأ في فرنسا منذ عام ١٩٩١.

٢- بيد أن مركز التوسع الراهن واحتمالات النمو في الأجلين القريب والبعيد كلاهما يظل في منطقة آسيا. فمن بين المفاعلات الثلاثة والثلاثين قيد التشييد، يقع ١٩ مفاعلاً في آسيا. وبنهاية العام، كان ٢٨ مفاعلاً من بين أحدث ٣٩ مفاعلاً جديداً سيتم توصيلها بالشبكة يقع في آسيا.

٣- وقد قامت الوكالة بتعديل توقعاتها في الأجل المتوسط لمراعاة النمو العالمي في مجال القوى النووية تصاعدياً في عام ٢٠٠٧، فبلغت التوقعات المنخفضة ٤٤٧ جيجاواط (كهربائي) والتوقعات المرتفعة ٦٩١ جيجاواط (كهربائي) لعام ٢٠٣٠. كما قامت جهات أخرى، منها على سبيل المثال وكالة الطاقة النووية التابعة لمنظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي، بتنقيح توقعاتها تصاعدياً.

٤- وحدثت زيادة كبيرة في موارد اليورانيوم المُفاد عنها قياساً على تلك الواردة في الطبعة الأخيرة من الكتاب الأحمر، *اليورانيوم ٢٠٠٥: موارده وإنتاجه والطلب عليه*، تُعزى أساساً إلى زيادات في الموارد أفيد عنها من جانب أستراليا والاتحاد الروسي وجنوب أفريقيا وأوكرانيا. وبلغ سعر البيع الفوري لليورانيوم في السوق حوالي ٣٦٠ دولاراً للكيلوغرام في حزيران/يونيه قبل أن يتراجع إلى ٢٤٠ دولاراً للكيلوغرام في كانون الأول/ديسمبر.

٥- وبدأ تشييد مصنع الطرد المركزي الجديد لشركة USEC الأمريكية، كما استهلت الشركة اليابانية المحدودة للوقود النووي (JNFL) اختبارات السلاسل التعاقبية في مصنعها المختص بالإثراء المتقدم لليورانيوم بالطرد المركزي في روكاشو. وأنشئ في كلٍّ من كازاخستان والاتحاد الروسي المركز الدولي لإثراء اليورانيوم شرقي سيبيريا كخطوة في اقتراح الرئيس فلاديمير بوتين عام ٢٠٠٦ بإنشاء شبكة مراكز دولية تقدم خدمات دورة الوقود النووي، بما يشمل الإثراء، على أساس غير تمييزي وتحت إشراف الوكالة الدولية للطاقة الذرية.

٦- ووقَّع تسعة عشر بلداً على بيان مبادئ يخص الشراكة العالمية في مجال الطاقة النووية، الهادفة إلى تعجيل وتيرة تطوير ونشر تكنولوجيات دورة الوقود المتقدمة بغية تعزيز التنمية وتحسين البيئة والحد من خطر الانتشار النووي.

٧- وأقرت الهيئة الرقابية النووية إباحة موقع محطة Big Rock Point ومحطة Yanke Rowe للقوى النووية في معظمه للاستخدام العام غير المقيَّد. وهكذا تم إخراج عشر محطات قوى في أنحاء العالم من الخدمة تماماً مع إباحة مواقعها للاستخدام غير المشروط. وجرى تفكيك سبع عشرة محطة تفكيكاً جزئياً وتطويقها على نحو مأمون. ويجري تفكيك اثنتين وثلاثين محطة قبل إباحة مواقعها نهائياً، كما يخضع أربعة وثلاثون مفاعلاً لحد أدنى من التفكيك قبل تطويق هذه المفاعلات في الأجل الطويل. وفي أيلول/سبتمبر، أطلقت الوكالة شبكة جديدة من المراكز المتميزة في مجال الإخراج من الخدمة، وذلك بهدف تحسين تدفق المعرفة والخبرة فيما بين القائمين على الإخراج من الخدمة، وتشجيع الهيئات التابعة الدول الأعضاء المتقدمة على المساهمة في أنشطة الدول الأعضاء التي تحتاج إلى المساعدة في مجال الإخراج من الخدمة.

٨- وما فتئت التقنيات النووية والنظيرية تسهم بشكل ملموس في مجالات الزراعة والصحة البشرية والبيئتين البحرية والبرية، فضلاً عن إدارة الموارد المائية. ففي مجال الأغذية والزراعة، يدعم توليد السلالات النباتية بالطفرة استنباط سلالات جديدة من المحاصيل تتسم بزيادة الغلة، كما يحقق فوائد بيئية لا يُستهان بها عبر تقليل الحاجة إلى المخصبات وزيادة درجة تحمُّل حالات الإجهاد الحيوي وغير الحيوي. ويفيد التحسين الوراثي لمحاصيل الكتلة الأحيائية في تلبية الاحتياجات المتزايدة لأنواع الوقود الحيوي. وبالإضافة إلى الاستمرار في استخدام التشعيع للأغراض الصحية، يزداد استخدام التشعيع لأغراض تطبيقات الصحة النباتية، لا سيما التطبيقات المتصلة بتدابير الحجر الصحي.

٩- وفي مجال الصحة، يعاد تحديد الكثير من جوانب معالجة السرطان على ضوء مؤشرات التقدم في استخدام التصوير المقطعي بالانبعاث البوزيتروني، بما يوفر أساساً لمعالجات أشد مواءمة للاحتياجات الفردية وأكثر نجاحاً. وربما أتاح التطوير الأخير لمصادر كوبالت-٦٠ ذات معدلات جرعات عالية تطبيق أساليب حديثة للعلاج بالتشعيع الداخلي العالي الجرعات مع إحلال المصادر التي تكون الحاجة إليها أقل تواتراً مقارنة بمصادر أخرى، فضلاً عن إتاحة العلاج الإشعاعي بتكلفة أكثر فعالية. ويجري استخدام تقنيات النظائر المستقرة في وضع استراتيجيات لمكافحة حالات نقص المغذيات الدقيقة وتقييم هذه الاستراتيجيات في إطار الجهود المبذولة لتحسين مجال التغذية.

١٠- وجارٍ استخدام تقنيات التحليل النووي لتقدير جودة وملاءمة السلع المتداوَلة تجارياً. وثمة حاجة لضمان جودة نتائج القياس مع تهيئة البنية الأساسية المطلوبة وتوفير الأدوات اللازمة كالمواد المرجعية المناسبة مثلاً.

١١- ويزداد تركيز الدراسات المناخية على الصلات المشتركة بين المناخ والبيئتين البحرية والبرية. فالنظائر البحرية تمكننا من فهم التغيرات الأساسية الحادثة بفعل المناخ، مثل زيادة تحمُّض المحيطات، فضلاً عن الآثار المحتملة على التنوع الحيوي البحري ومصائد الأسماك. كما أن الآثار الظاهرة لتغير المناخ على أنماط سقوط المطر وتوافر المياه العذبة تجعل المياه الجوفية مورداً حيوياً بدرجة أكبر. وتتنامى أهمية البيانات النظيرية لتوفير مجموعة متكاملة زمانياً ومكانياً من المعلومات الداعمة لتقدير حجم المياه الجوفية وإدارتها دون أن ينطوي ذلك على استثمارات طائلة للوقت والموارد.

١٢- وتعدُّ المعالجة الإشعاعية للبوليمرات الطبيعية مجالاً واعداً، حيث يمكن استغلال الخصائص الفريدة للمواد البوليمرية لأغراض التطبيقات العملية في مجالات الطب والتجميل والزراعة والتكنولوجيا الحيوية

وحماية البيئة. وفي سياق تطور مهم آخر، أظهرت نتائج البحوث الأخيرة جدوى الإشعاعات المؤينة في التصدي لتهديدات معيَّنة مثل النشر المتعمَّد لسموم بيولوجية.

ألف- تطبيقات القوى

ألف-١- القوى النووية اليوم

١٣- على صعيد العالم كله كان هناك ٤٣٩ مفاعل قوى نووية قيد التشغيل في نهاية عام ٢٠٠٧، يبلغ إجمالي قدرتها على التوليد ٣٧٢ جيجاواط كهربائي (انظر الجدول ألف-١). وفي عام ٢٠٠٧، بلغت إمدادات القوى النووية زهاء ١٥% من حجم توليد الكهرباء في العالم.

١٤- وقد تم ربط ثلاثة مفاعلات جديدة بالشبكة في عام ٢٠٠٧، واحد في كلٍّ من الصين والهند ورومانيا، وفي الولايات المتحدة الأمريكية أعيد ربط وحدة كانت قد أخرجت من الخدمة الفعلية. ويقابل ذلك عمليتا ربط جديدتان في عام ٢٠٠٦ وأربع عمليات ربط جديدة في عام ٢٠٠٥ (بالإضافة إلى عملية إعادة ربط). ولم يتم سحب مفاعلات في عام ٢٠٠٧، مقابل ثماني عمليات سحب في عام ٢٠٠٦ واثنتين في عام ٢٠٠٥. ومع أخذ عمليات الارتقاء بالمفاعلات القائمة في الاعتبار، فإن ذلك قد أسفر عن زيادة طفيفة في القدرة العالمية على التوليد النووي خلال عام ٢٠٠٧ بما مقداره ٢٥٢٦ ميجاواط (كهربائي).

١٥- وبُدئ في تشييد سبعة مرافق خلال عام ٢٠٠٧: Qinshan II-4 (٦١٠ ميجاواط (كهربائي)) و Hongyanhe 1 (١٠٠٠ ميجاواط (كهربائي)) في الصين، و Flamanville 3 في فرنسا (١٦٠٠ ميجاواط (كهربائي))، و Severodvinsk – Akademik Lomonosov 1 and 2 (٢×٣٠ ميجاواط (كهربائي)) في الاتحاد الروسي و Shin Kori 2 (٩٦٠ ميجاواط (كهربائي)) و Shin-Wolsong (٩٦٠ ميجاواط (كهربائي)) في جمهورية كوريا. وبالإضافة إلى ذلك، استؤنف التشييد الفعلي في مرفق Watts Bar 2 في الولايات المتحدة الأمريكية. وذلك مقابل بدء تشييد ثلاثة مرافق بالإضافة إلى استئناف تشييد مفاعل واحد عام ٢٠٠٦، وبدء تشييد ثلاثة مرافق بالإضافة إلى استئناف تشييد مفاعلين عام ٢٠٠٥.

١٦- وما زالت تتركز في آسيا عمليات التوسع الجارية حالياً، وكذلك احتمالات النمو في الأجل القصير والطويل. فكما يتضح في الجدول ألف- ١ كان يقع في آسيا ١٩ مفاعلاً من بين المفاعلات الجاري تشييدها في العالم كله والبالغ عددها ٣٣ مفاعلاً. وبنهاية العام، كان يقع في آسيا ٢٨ مفاعلاً من المفاعلات الجديدة الأخيرة المزمع توصيلها بالشبكة والبالغ عددها ٣٩ مفاعلاً.

١٧- وفي الولايات المتحدة الأمريكية وافقت الهيئة الرقابية النووية على تجديد ترخيص واحد لمدة ٢٠ سنة إضافية (أي تشغيل مرخص لمدة ٦٠ سنة إجمالاً)، وبذلك يصل مجمل عدد التجديدات المعتمدة للتراخيص إلى ٤٨ تجديداً. وجُدِّد ترخيص تشغيل مرفق Gentilly 2 في كندا لمدة أربعة أعوام أخرى حتى عام ٢٠١٠. وفي فنلندا، جُدِّد ترخيص مرفق Loviisa 1 إلى عام ٢٠٢٧ ومرفق Loviisa 2 إلى عام ٢٠٣٠.

١٨- وفي بلغاريا اعتُمِد موقع Belene لبناء محطة قوى نووية جديدة فيه. ووافقت دول البلطيق الثلاث، إلى جانب بولندا، من حيث المبدأ على تشييد محطة قوى نووية في ليتوانيا بحلول عام ٢٠١٥، وسنَّت ليتوانيا التشريع الضروري للتمكُّن من التشييد. كما سنَّت تركيا تشريعاً جديداً للتمكُّن من تشييد محطة للقوى النووية.

الجدول ألف-١- مفاعلات القوى النووية الجاري تشغيلها أو تشييدها في العالم (حتى ٣١ كانون الأول/ديسمبر ٢٠٠٧) [أ]

البلد	المفاعلات الجاري تشغيلها		المفاعلات الجاري تشييدها		إمدادات الكهرباء النووية في عام ٢٠٠٧		إجمالي الخبرة التشغيلية طوال عام ٢٠٠٧	
	عدد الوحدات	المجموع بالميجاواط كهربائي	عدد الوحدات	المجموع بالميجاواط كهربائي	تيراوات-ساعة	٪ من المجموع	السنوات	الشهور
الاتحاد الروسي	٣١	٢١ ٧٤٣	٦	٣ ٦٣٩	١٤٨,٠	١٦,٠	٩٣٢	٤
الأرجنتين	٢	٩٣٥	١	٦٩٢	٦,٧	٦,٢	٥٨	٧
أرمينيا	١	٣٧٦			٢,٤	٤٣,٥	٣٣	٨
أسبانيا	٨	٧ ٤٥٠			٥٢,٧	١٧,٤	٢٥٣	٦
ألمانيا	١٧	٢٠ ٤٣٠			١٣٣,٢١	٢٥,٩	٧١٧	٥
أوكرانيا	١٥	١٣ ١٠٧	٢	١ ٩٠٠	٨٧,٢	٤٨,١	٣٣٨	٦
إيران (جمهورية-الإسلامية)			١	٩١٥				
باكستان	٢	٤٢٥	١	٣٠٠	٢,٣	٢,٣	٤٣	١٠
البرازيل	٢	١ ٧٩٥			١١,٧	٢,٨	٣٣	٣
بلجيكا	٧	٥ ٨٢٤			٤٥,٩	٥٤,١	٢١٩	٧
بلغاريا	٢	١ ٩٠٦	٢	١ ٩٠٦	١٣,٧	٣٢,١	١٤٣	٣
الجمهورية التشيكية	٦	٣ ٦١٩			٢٤,٦	٣٠,٣	٩٨	١٠
جمهورية كوريا	٢٠	١٧ ٤٥١	٣	٢ ٨٨٠	١٣٦,٦	٣٥,٣	٢٩٩	٨
جنوب أفريقيا	٢	١ ٨٠٠			١٢,٦	٥,٥	٤٦	٣
رومانيا	٢	١ ٣٠٥			٧,١	١٣,٠	١١	١١
سلوفاكيا	٥	٢ ٠٣٤			١٤,٢	٥٤,٣	١٢٣	٧
سلوفينيا	١	٦٦٦			٥,٤	٤١,٦	٢٦	٣
السويد	١٠	٩ ٠٣٤			٦٤,٣	٤٦,١	٣٥٢	٦
سويسرا	٥	٣ ٢٢٠			٢٦,٥	٤٠,٠	١٦٣	١٠
الصين	١١	٨ ٥٧٢	٥	٤ ٢٢٠	٥٩,٣	١,٩	٧٧	٣
فرنسا	٥٩	٦٣ ٢٦٠	١	١ ٦٠٠	٤٢٠,١	٧٦,٩	١ ٥٨٢	٢
فنلندا	٤	٢ ٦٩٦	١	١ ٦٠٠	٢٢,٥	٢٨,٩	١١٥	٤
كندا	١٨	١٢ ٦١٠			٨٨,٢	١٤,٧	٥٤٦	١
ليتوانيا	١	١ ١٨٥			٩,١	٦٤,٤	٤١	٦
المجر	٤	١ ٨٢٩			١٣,٩	٣٦,٨	٩٠	٢
المكسيك	٢	١ ٣٦٠			١٠,٠	٤,٦	٣١	١١
المملكة المتحدة	١٩	١٠ ٢٢٢			٥٧,٥	١٥,١	١ ٤١٩	٨
الهند	١٧	٣ ٧٨٢	٦	٢ ٩١٠	١٥,٩	٢,٥	٢٨٤	٤
هولندا	١	٤٨٢			٤,٠	٤,١	٦٣	٠
الولايات المتحدة الأمريكية	١٠٤	١٠٠ ٥٨٢	١	١ ١٦٥	٨٠٦,٦	١٩,٤	٣ ٢٩١	٩
اليابان	٥٥	٤٧ ٥٨٧	١	٨٦٦	٢٦٧,٣	٢٧,٥	١ ٣٣١	٨
المجموع [ب، ج]	٤٣٩	٣٧٢ ٢٠٨	٣٣	٢٧ ١٩٣	٢ ٦٠٨,١	١٥٪	١٣ ٠٣٦	٥

(أ) البيانات مأخوذة من نظام المعلومات عن مفاعلات القوى التابع للوكالة (http://www.iaea.org/programmes/a2/index.html).

(ب) ملحوظة: هذا المجموع يتضمن البيانات التالية المتعلقة بتايوان، الصين:

— ٦ وحدات، ٤٩٢١ ميغاوات (كهربائي)، جارٍ تشغيلها؛ ووحدتان، ٢٦٠٠ ميغاوات (كهربائي)، جارٍ بناؤهما؛

— ٣٩,٠ تيراواط ساعة من الكهرباء المولدة نووياً، بما يمثل ١٩,٣% من إجمالي حجم الكهرباء المولدة في عام ٢٠٠٧؛

— خبرة تشغيلية إجمالي مدتها ١٥٨ سنة وشهر واحد في نهاية عام ٢٠٠٧.

(ج) يشتمل إجمالي الخبرة التشغيلية أيضاً المحطات المغلقة في إيطاليا (٨١ سنة) وكازاخستان (٢٥ سنة و١٠ شهور).

١٩- وفي فنلندا، قدمت شركة Fortum برنامجاً لتقدير الأثر البيئي بغرض بحث إمكانية تشييد مفاعل جديد في محطة Loviisa للقوى النووية، كما قدمت شركة Teollisuuden Voima Oy (TVO) برنامجاً لتقدير الأثر البيئي بغرض بحث إمكانية إقامة مفاعل جديد في محطة Olkiluoto للقوى النووية. وفي كندا، قدمت شركة Energy Alberta طلباً لاستصدار ترخيص لموقع محطة للقوى النووية شمال غربي ألبرتا. وستُستخدَم معظم القوى الناتجة منها لاستخلاص النفط من الرمال القطرانية المحلية.

٢٠- وفي الولايات المتحدة الأمريكية، أصدرت الهيئة الرقابية النووية أول ثلاث تراخيص مبكرة لمواقع، تشهد بأن مواقع Clinton في Illinois، وGrand Gulf في Mississippi، و North Anna في Virginia، كلها مناسبة لتشييد مفاعلات جديدة. وتعالج الهيئة المذكورة في الوقت الراهن طلبين إضافيين لاستصدار تراخيص مبكرة لمواقع. وفي عام ٢٠٠٧ كذلك، تلقت الهيئة أربعة طلبات تخص رخصاً مجمعة، وهي أول طلبات لمفاعلات نووية جديدة في الولايات المتحدة الأمريكية منذ نحو ٣٠ عاماً. وتتوقع الهيئة تلقي ما مجموعه ٢١ طلباً من هذا القبيل، تخص ٣٢ مفاعلاً إجمالاً، بنهاية عام ٢٠٠٩.

٢١- وفي المملكة المتحدة، استكملت الحكومة في عام ٢٠٠٧، المشاورات العامة بشأن الطاقة النووية واحتمالات تشييد مفاعلات جديدة. وفي كانون الثاني/يناير ٢٠٠٨، نشرت "ورقة بيضاء" عنوانها "مواجهة التحدّي في ميدان الطاقة"، وشددت الورقة المذكورة على أن المصلحة العامة تدعو إلى أن تبقى الطاقة النووية تشكل جزءاً من خليط الطاقة ذي المعدلات المنخفضة من انبعاثات الكربون الذي تعتمده المملكة المتحدة، وذلك للمساعدة على تحقيق أهداف تخفيض الكربون وضمان إمدادات مأمونة من الطاقة. وخلال مرحلة بدء التقويم الشامل لتصميم المفاعلات النووية الجديدة، قررت الجهات الرقابية في المملكة المتحدة أن التصاميم الأربعة المقدَّمة من شركات الطاقة الذرية الكندية المحدودة Atomic Energy of Canada Limited، وAreva، و GE-Hitachi، وToshiba-Westinghouse، كلها تفي بمعايير الأهلية الخاصة بالمرحلة الأولى من عملية التمهيد للترخيص.

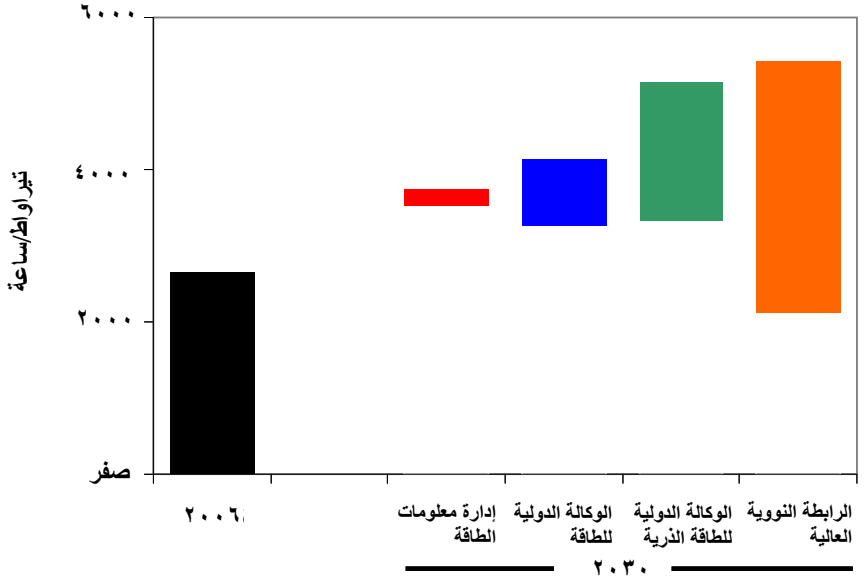
ألف-٢- النمو المتوقّع بشأن القوى النووية

٢٢- تستوفي الوكالة سنوياً توقعاتها المنخفضة والمرتفعة بشأن النمو العالمي في مجال القوى النووية. ففي عام ٢٠٠٧، نُقّحت التوقعات المنخفضة والمرتفعة كليهما تصاعدياً. في التوقع المنخفض المستوفى، بلغت قدرة القوى النووية العالمية ٤٤٧ جيجاواط (كهربائي) بمعدل توليد ٣٣٢٥ تيراواط/ساعة في عام ٢٠٣٠، مقابل ٣٧٠ جيجاواط (كهربائي) و٢٦٦٠ تيراواط/ساعة على التوالي في نهاية عام ٢٠٠٦. أمّا في التوقع المرتفع المستوفى، فبلغت الأولى ٦٩١ جيجاواط (كهربائي) والثانية ٥١٤١ تيراواط/ساعة.

٢٣- وفي إطار التوقع المنخفض، سيتم سحب ١٤٥ مفاعلاً من المفاعلات الموجودة حالياً بحلول عام ٢٠٣٠، ويقام ١٧٨ مفاعلاً جديداً. وستقع نسبة خمسة وثمانين من عمليات السحب في أوروبا الشرقية والغربية. وفي حين لن تقام مفاعلات جديدة في جميع المناطق، سيقع معظمها في الشرق الأقصى وأوروبا الشرقية، مع تشييد عدد ملموس وإن كان أقل من المفاعلات الجديدة في الشرق الأوسط وجنوب آسيا.

٢٤- وفي ظل التوقع المرتفع، تُجرى ٨٢ عملية سحب فقط، ويزيد معدل تشييد المفاعلات الجديدة إلى أكثر من الضعف، ليبلغ ٣٥٧ مفاعلاً جديداً بحلول عام ٢٠٣٠. على أن معظم عمليات السحب ستظل في أوروبا. وستنتشر عمليات التشييد الجديدة على نطاق أوسع، وإن حظيت مناطق الشرق الأقصى وأوروبا الشرقية والشرق الأوسط وجنوب آسيا بالشق الأعظم منها.

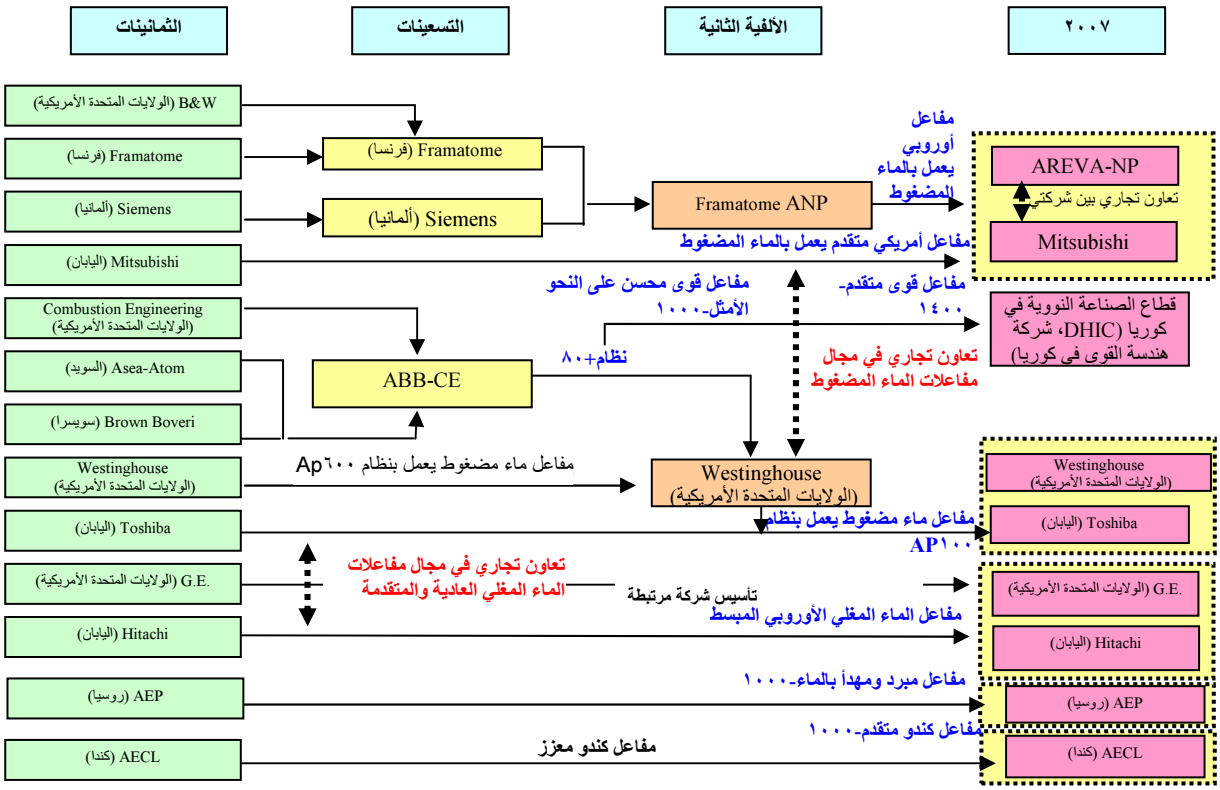
٢٥- ولم تكن توقعات الوكالة هي التوقعات النووية الوحيدة التي نُقّحت تصاعدياً في عام ٢٠٠٧. فقد نُشِرت أيضاً في عام ٢٠٠٧ توقعات مستوفاة من جانب كلٍّ من إدارة معلومات الطاقة في الولايات المتحدة، والوكالة الدولية للطاقة التابعة لمنظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي، والرابطة النووية العالمية. ورفعت كل منظمة منها توقعاتها النووية باستثناء واحد. فقد قلصت الرابطة النووية العالمية الحد الأعلى لنطاق توقعاتها بدرجة طفيفة. ويعرض الشكل ألف-١ نطاقات التوقعات النووية لعام ٢٠٠٧ فيما يخص كلاً من إدارة معلومات الطاقة، والوكالة الدولية للطاقة، والوكالة الدولية للطاقة الذرية، والرابطة النووية العالمية.



الشكل ألف-١ - مقارنة توقعات القوى النووية لكلٍّ من إدارة معلومات الطاقة، والوكالة الدولية للطاقة، والوكالة الدولية للطاقة الذرية، والرابطة النووية العالمية.

ألف-٣- تدويل صناعة المفاعلات النووية

٢٦- أعيدت هيكلة صناعة المفاعلات النووية باستمرار خلال العقود الأخيرة كما هو مبيَّن في الشكل ألف-٢. بيد أن تصاعد التوقعات بشأن التوسع مستقبلاً في القوى النووية قد أسهم في حدوث العديد من التطورات الرئيسية على مدار الأشهر الثمانية عشر الماضية. فقرب نهاية عام ٢٠٠٦، اكتسبت شركة Toshiba حصة كبرى من حصص شركة Westinghouse. ثم قامت في عام ٢٠٠٧ ببيع ١٠% من هذه الحصة إلى شركة Kazatomprom، وهي الشركة المنتجة لليورانيوم والمملوكة لدولة كازاخستان. وقرب نهاية عام ٢٠٠٦ كذلك، أعلنت شركتا AREVA وميتسوبيشي للصناعات الثقيلة (MHI) عن تحالف جديد للبدء في تطوير محطة قوى نووية بقدرة ١٠٠٠ ميجاواط (كهربائي). كما قامت شركتا General Electric (GE) وHitachi بتشكيل تحالف في عام ٢٠٠٧ بهدف تقديم الخدمات اللازمة لتشغيل مفاعلات الماء المغلي والتنافس على تنفيذ مشاريع مفاعلات جديدة في أنحاء العالم.



الشكل ألف-٢ - تطور صناعة مفاعلات القوى النووية: (AP600/AP1000) مفاعل ماء مضغوط خامل متقدم (٦٠٠/١٠٠٠ ميجاواط (كهربائي))؛ EPR : مفاعل أوروبي يعمل بالماء المضغوط ABWR : مفاعلات ماء مغلي متقدمة؛ ESBWR : مفاعل الماء المغلي الأوروبي المبسط؛ APR 1400 : مفاعل قوى متقدم ١٤٠٠ OPR 1000 : مفاعل قوى محسن على النحو الأمثل ١٠٠٠؛ ACR : مفاعل كندو متقدم؛ ECR : مفاعل كندو معزز؛ WWER : مفاعل Vodo-Vodyanoi Energetichesky؛ USA PWR : مفاعل أمريكي متقدم يعمل بالماء المضغوط؛ DHIC : شركة Doosan للصناعات الثقيلة؛ AEP : مشروع Atomernergoproject)

ألف-٤- المرحلة الاستهلالية لدورة الوقود[٢]

٢٧- *موارد اليورانيوم التقليدية المعروفة*، الممكن استخلاصها بتكلفة أقل من ١٣٠ دولاراً للكيلوغرام من اليورانيوم، تقدَّر في الوقت الراهن بحوالي ٥,٥ مليون طن (MtU مليون طن من اليورانيوم). ويمثل ذلك زيادة كبيرة، تبلغ حوالي ٨٠٠ ٠٠٠ طن من اليورانيوم قياساً على عام ٢٠٠٥، تعزى بصفة أساسية إلى زيادات أفيد عنها من جانب كلٍّ من أستراليا والاتحاد الروسي وجنوب أفريقيا وأوكرانيا. ولأغراض الإحالة المرجعية، بلغ سعر البيع الفوري لليورانيوم في السوق نحو ٣٦٠ دولاراً للكيلوغرام في حزيران/يونيه قبل أن يتراجع ليهبط إلى ٢٤٠ دولاراً للكيلوغرام في كانون الأول/ديسمبر.

---

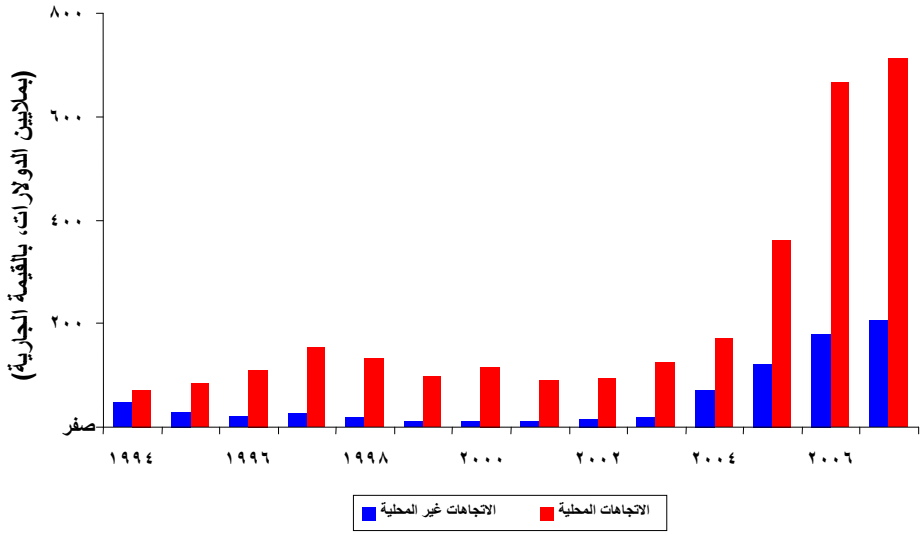
٢ يستند هذا القسم إلى الطبعة الوشيكة من 'الكتاب الأحمر' الصادر عن وكالة الطاقة النووية التابعة لمنظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي بالاشتراك مع الوكالة الدولية للطاقة الذرية بعنوان (وكالة الطاقة النووية التابعة لمنظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي-الوكالة الدولية للطاقة الذرية، اليورانيوم ٢٠٠٧: موارده وإنتاجه والطلب عليه، منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي، باريس (٢٠٠٨)). وترد معلومات أكثر إسهاباً عن أنشطة الوكالة بشأن المرحلة الاستهلالية لدورة الوقود في الأقسام ذات الصلة من تقرير الوكالة السنوي لعام ٢٠٠٦ وذلك على الموقع (http://www.iaea.org/Publications/Reports/Anrep2006/) والموقع http://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/NEFW/index.html.

٢٨- *الموارد التقليدية غير المكتشَفة* تقدَّر بنحو ٧,٣ مليون طن من اليورانيوم، بتكلفة أقل من ١٣٠ دولاراً للكيلوغرام.من اليورانيوم. ويشمل ذلك كلاً من الموارد المتوقع ظهورها إما في مستودعات معروفة أو بالقرب منها، وموارد أكثر قابلية للتكهن بها يُعتقَد بوجودها في مناطق واعدة جيولوجياً، لكنها لم تُستكتشَف بعد. كما توجد موارد أخرى يمكن التكهن بها تقدَّر بـ٣,٠ مليون طن من اليورانيوم لم تُحدَّد تكاليف إنتاجها.

٢٩- *موارد اليورانيوم غير التقليدية والثوريوم* تُضيف مزيداً من الاتساع إلى قاعدة الموارد. والموارد غير التقليدية هي تلك التي لا يمكن استخلاص اليورانيوم منها إلا كمنتَج ثانوي غير هام. وقليل جداً من البلدان يُبلِغ في الوقت الراهن عن الموارد غير التقليدية. والأرقام التقديرية السابقة لليورانيوم الممكن استخلاصه بالاقتران مع أنواع الفوسفات والخامات غير الحديدية والكربوناتيت والشست الأسود والليغنيت، تبلغ حوالي ١٠ مليون طن من اليورانيوم. أما الثوريوم، الذي يمكن أيضاً استخدامه كمورد للوقود النووي، فيتوافر بكثرة، موزعاً على نطاق واسع في الأماكن الطبيعية، وهو مورد يمكن استغلاله بسهولة في كثير من البلدان. ويقدَّر حجم الموارد العالمية بحوالي ٦ مليون طن من الثوريوم. ورغم استخدام اليورانيوم كوقود للأغراض الإيضاحية، فإن الطريق لا يزال طويلاً قبل أن يمكن النظر إليه على قدم المساواة مع اليورانيوم.

٣٠- وتحتوي مياه البحر على قرابة ٤٠٠٠ مليون طن من اليورانيوم، لكن نسبة التركيز فيها متدنية جداً، حيث لا تتجاوز ٣-٤ أجزاء في البليون. وهكذا فإنه يتعين معالجة ٣٥٠ ٠٠٠ طن من المياه لإنتاج كيلوغرام واحد من اليورانيوم. وهذا النوع من الإنتاج باهظ التكلفة في الوقت الراهن. وقد أُجريَت بحوث في كلٍّ من ألمانيا وإيطاليا واليابان والمملكة المتحدة والولايات المتحدة الأمريكية خلال عقدي السبعينات والثمانينات. وتتواصل البحوث في اليابان، حيث تقدَّر تكاليف الإنتاج في أية عملية اختبار بحوالي ٧٥٠ دولاراً للكيلوغرام من اليورانيوم.

٣١- وشهد عاما ٢٠٠٥ و٢٠٠٦ زيادة ضخمة في معدلات التنقيب عن اليورانيوم وتطويره، بدافع الزيادات في السعر الفوري لليورانيوم، ويُتوقع أن تستمر الزيادة في هذه المعدلات خلال عام ٢٠٠٧ (انظر الشكل ألف-٣). وقد حدثت هذه الزيادة سواء في البلدان التي سبق لها التنقيب عن مكامن اليورانيوم وتطويرها، أو في بلدان كثيرة مستجدة في مجال التنقيب عن اليورانيوم.



الشكل ألف-٣- الاتجاهات المتعلقة بالنفقات المفاد عنها بشأن التنقيب عن اليورانيوم وتطويره. قيم عام ٢٠٠٧ هي أرقام تقديرية.

٣٢- وفي عام ٢٠٠٦، بلغ حجم الإنتاج العالمي لليورانيوم ٦٩٥ ٣٩ طناً من اليورانيوم، حيث انخفض بنسبة ٦% تقريباً بعد أن كان ١١٤ ٤٢ طناً من اليورانيوم في عام ٢٠٠٥. وكان مقدَّراً أن يزيد الإنتاج في عام ٢٠٠٧ إلى ٦٠٠ ٤٣ طن من اليورانيوم. وقد استحوذت كلٌّ من أستراليا وكندا وحدهما على نسبة ٤٤% من الإنتاج في عام ٢٠٠٦. كما استأثرتا، مع ستة بلدان أخرى (كازاخستان وناميبيا والنيجر والاتحاد الروسي والولايات المتحدة الأمريكية وأوزبكستان)، بنسبة ٩٢% من الإنتاج.

٣٣- وفي عام ٢٠٠٦، بلغ إنتاج اليورانيوم ٥٠٠ ٦٦ طن من اليورانيوم، وهي نسبة لا تغطي سوى ٦٠% من متطلبات المفاعلات في العالم. وتمت تغطية الكمية المتبقية بواسطة خمسة مصادر ثانوية، وهي: مخزونات اليورانيوم الطبيعي، ومخزونات اليورانيوم المثرى، واليورانيوم الذي تعاد معالجته من الوقود المستهلك، ووقود موكس مع إحلال اليورانيوم-٢٣٥ جزئياً بالبلوتونيوم-٢٣٩ من الوقود المستهلك الذي تعاد معالجته، وإعادة إثراء مخلفات اليورانيوم المستنفد (اليورانيوم المستنفد يحتوي على أقل من ٠,٧% من اليورانيوم-٢٣٥).

٣٤- والخطوة التالية في دورة الوقود هي التحويل. وثمة توازن في الوقت الراهن بين العرض والطلب في سوق التحويل، كما يجري التوسع في قدرة الإمداد بالقدر اللازم لمواجهة النمو المتوقع. وقد جددت الهيئة الرقابية النووية في الولايات المتحدة ترخيص مصنع Metropolis لتحويل سادس فلوريد اليورانيوم لمدة عشرة أعوام أخرى حتى أيار/مايو ٢٠١٧. وفي الوقت ذاته، زيدت قدرة المصنع المذكور بنسبة ٢٠%. وأعلنت شركة AREVA عن إطلاق مشروع Comurhex II، وهو مرفق جديد لتحويل اليورانيوم في جنوب فرنسا يُزمع أن يبدأ أول إنتاج صناعي له عام ٢٠١٢.

٣٥- وفي مجال الإثراء، توجد بعض الزيادة المفرطة في القدرة. بيد أنه يُتوقع إغلاق مصانع الانتشار الأقدم عمراً في المستقبل القريب، وسيتم إحلالها بمصانع طرد مركزي تتطلب مدخلات أقل من الطاقة. وفي عام ٢٠٠٧، أصدرت الهيئة الرقابية النووية ترخيصاً بتشييد مصنع أمريكي جديد للطرد المركزي تابع لشركة USEC. وقد بدأت عملية التشييد في نيسان/أبريل، بدأ اختبار أول سلسلة تعاقبية في أيلول/سبتمبر. وبدأت الشركة اليابانية المحدودة للوقود النووي (JNFL) اختبارات السلاسل التعاقبية في مصنعها المختص بالإثراء المتقدم لليورانيوم بالطرد المركزي في Rokkasho باستخدام نوع جديد من أجهزة الطرد المركزي يتسم بفعالية أكبر. ووقَّعت شركات عديدة على خطابات نوايا غير مُلزمة للتعاقد على خدمات لإثراء اليورانيوم من شركة GE-Hitachi للطاقة النووية، العاملة في مجال التسويق التجاري للجيل التالي من تكنولوجيا الإثراء القائمة على فصل النظائر عن طريق التنشيط بالليزر، والمعروفة حالياً باسم تكنولوجيا الإثراء الشامل بالليزر.

٣٦- وفي أيار/مايو، أنشئ المركز الدولي لإثراء اليورانيوم في شرق سيبيريا بقرار من كازاخستان والاتحاد الروسي. وفي كانون الأول/ديسمبر، أعلنت الحكومة الأرمينية أنها ستنضم بدورها إلى المركز المذكور، وهذا ما حصل بالفعل في شباط/فبراير ٢٠٠٨. ويعدُّ المركز خطوة في الاقتراح الذي طرحه الرئيس فلاديمير بوتن ٢٠٠٦ بإنشاء "شبكة مراكز دولية توفر خدمات دورة الوقود النووي، بما في ذلك الإثراء، على أساس خالٍ من التمييز وخاضع لإشراف الوكالة". كما تمضي المناقشات قُدُماً بخصوص مشروع مشترك بين كازاخستان والاتحاد الروسي لبناء مصنع إثراء آخر في Angarsk.

ألف-٥- الوقود المستهلك وإعادة المعالجة[٣]

٣٧- يبلغ إجمالي تصريفات الوقود المستهلك السنوية من مفاعلات العالم نحو ١٠ ٥٠٠ طن من المعادن الثقيلة سنوياً. ويجري تنفيذ استراتيجيتيْن مختلفتيْن بشأن الوقود النووي المستهلك. في الاستراتيجية الأولى، تُعاد معالجة الوقود المستهلك (أو يتم خزنه لإعادة معالجته مستقبلاً) من أجل استخلاص المواد الصالحة للاستعمال (اليورانيوم والبلوتونيوم) لصنع وقود جديد من خليط الأكسيدين (وقود موكس). وتُعاد معالجة زهاء ثلث الوقود المستهلك المُصرّف في العالم. وفي الاستراتيجية الثانية، يُعتبر الوقود المستهلك نفايات ويُخزن إلى حين التخلّص منه. وبناءً على الخبرة المكتسبة على مدى أكثر من ٥٠ عاماً في مجال خزن الوقود المستهلك على نحو مأمون وفعّال، تُوجد ثقة تقنية على مستوى عالٍ بتكنولوجيات الخزن الرطب والجاف على السواء وبإمكانية التغلّب على تنامي حجم هذا الوقود ريثما تقام مستودعات نهائية لجميع أنواع النفايات القوية الإشعاع.

٣٨- وحتى اليوم، يقوم كلٌّ من الاتحاد الروسي والصين وفرنسا والهند واليابان إما بإعادة معالجة معظم الوقود المستهلك أو خزنه لتعاد معالجته مستقبلاً. ويجري تشغيل مصانع لإعادة المعالجة في كلٍّ من فرنسا والهند والاتحاد الروسي والمملكة المتحدة، إلا أن المصنع الكائن في Sellafield بالمملكة المتحدة كان خارج نطاق التشغيل في عام ٢٠٠٧ بسبب تسرب داخلي. وفي اليابان، بدأت الاختبارات الفعلية داخل مصنع Rokkasho الجديد للتزجيج، حيث تُجمَع النفايات المفصولة القوية الإشعاع مع زجاج البوروسليكات. بيد أنه نظراً لتصنيع وقود موكس على نطاق محدود، فإن قدرة إعادة المعالجة المستخدمة في الوقت الراهن على نطاق العالم لا تتجاوز ٥٠%. وفي الوقت الراهن تؤثِر السويد وفنلندا وكندا والولايات المتحدة الأمريكية التخلّص المباشر من الوقود المستهلك، وإن كانت الولايات المتحدة الأمريكية قد أعلنت، في عام ٢٠٠٦، عن "الشراكة العالمية في مجال الطاقة النووية"، وتنطوي على وضع تكنولوجيات إعادة تدوير متقدّمة لاستخدامها في الولايات المتحدة الأمريكية. ومعظم البلدان لم تحسم قرارها بعد بشأن الاستراتيجية التي ستعتمدها. وتعكف هذه البلدان في الوقت الراهن على تخزين الوقود المستهلك ومواكبة التطوّرات المرتبطة بكلا البديلين.

ألف-٦- النفايات والإخراج من الخدمة

٣٩- تظل برامج المستودعات في كلٍّ من فنلندا وفرنسا والسويد والولايات المتحدة هي الأكثر تقدماً، لكن أياً من هذه البرامج لا يُرجَّح أن يشتمل على مستودع قيد التشغيل قبل عام ٢٠٢٠ على الأقل. ويمضي العمل قُدُماً وفق الخطة الموضوعة في تشييد المرفق الجوفي لتحديد خصائص النفايات في ONKALO، ويمكن أن يكون جزءاً من المستودع الكائن في Olkiluoto في فنلندا. وبنهاية عام ٢٠٠٧، بلغ طول النفق ٢,٥ كم وعمقه ٢٤٠م. وعقب صدور تشريع جديد في عام ٢٠٠٦، انتقل برنامج المستودعات الفرنسي إلى مرحلة تفصيلية لاختيار المواقع بهدف تقديم طلب لاستصدار ترخيص في عام ٢٠١٥. وفي السويد، تم الانتهاء من استقصاءات موسعة للمواقع في موقعين، ويُزمَع تقديم طلب في عام ٢٠٠٩ بغية استخراج ترخيص للموقع الذي يقع عليه الاختيار. وفي الولايات المتحدة الأمريكية، قُطِع شوط بعيد في إعداد طلب الترخيص لمستودع في Yucca Mountain، ويُعتزَم تقديم الطلب في منتصف عام ٢٠٠٨. وفي عام ٢٠٠٧، قبلت الحكومة الكندية اقتراح هيئة التصرف في النفايات النووية التابعة لها بتبنّي نهج ' إدارة تدريجية تكيفية' بشأن التصرف الطويل الأجل في الوقود النووي المستهلك بهدف إيجاد وإعداد موقع لمستودع مع مواصلة الرصد تحسباً لإمكانية الاستعادة.

---

٣ ترد معلومات أكثر إسهاباً عن أنشطة الوكالة بشأن الوقود المستهلك وإعادة المعالجة في الأقسام ذات الصلة من تقرير الوكالة السنوي لعام ٢٠٠٦، وذلك على الموقع (http://www.iaea.org/Publications/Reports/Anrep2006/).

٤٠- وفيما يخص الإخراج من الخدمة، أقرت الهيئة الرقابية النووية في الولايات المتحدة إباحة الاستخدام العام غير المقيَّد لموقع محطة Big Rock Point للقوى النووية، التي أُخرجت من الخدمة في عام ٢٠٠٦، في معظمه، كما أبيح بشكل موقع محطة Yankee Rowe للقوى النووية في معظمه. وسيظل ترخيص محطتي Big Rock Point وYankee Rowe سارياً على مرافق تخزين الأوعية الجافة في هذين الموقعين. وهكذا، فإنه ابتداءً من عام ٢٠٠٧، استُكمِلت عملية الإخراج التام من الخدمة لعشر محطات قوى نووية في أنحاء العالم، مع إباحة استخدام مواقعها من غير قيد أو شرط. وتم تفكيك سبع عشرة محطة جزئياً وتطويقها على نحو مأمون. ويجري تفكيك اثنتين وثلاثين محطة قبل إباحة الموقع نهائياً. ويخضع أربعة وثلاثون مفاعلاً لحد أدنى من التفكيك قبل تطويق هذه المفاعلات في الأجل الطويل، بما يشمل أربعة مفاعلات Magnox في المملكة المتحدة، هي Sizewell A-1 and -2 وDungeness A-1 and -2، أغلِقت في ٣١ كانون الأول/ديسمبر ٢٠٠٦.

٤١- وعقب سلسلة من المشاورات مع خبراء من الدول الأعضاء يمثلون جهات مانحة محتملة وجهات متلقية على السواء، أطلقت الوكالة خلال المؤتمر العام في أيلول/سبتمبر ٢٠٠٧ شبكة جديدة من المراكز المتميزة في مجال الإخراج من الخدمة. والهدف من هذه الشبكة هو تحسين تدفق المعلومات والخبرات فيما بين القائمين بالإخراج من الخدمة، وتشجيع الهيئات التابعة للدول الأعضاء المتقدمة على المساهمة في أنشطة الدول الأعضاء التي تحتاج إلى المساعدة في مجال الإخراج من الخدمة.

ألف-٧- العوامل الإضافية المؤثّرة في مستقبل القوى النووية

ألف-٧-١- التنمية المستدامة وتغير المناخ[٤]

٤٢- قامت لجنة الأمم المتحدة المعنية بالتنمية المستدامة بمناقشة موضوع الطاقة للمرة الأولى في دورتها التاسعة (CSD-9) المعقودة في عام ٢٠٠١، واتفقت الأطراف جميعها على أن "خيار الطاقة النووية أمر متروك للبلدان." وقد أكّد "مؤتمر القمة العالمي للتنمية المستدامة عام ٢٠٠٢" هذا الاستنتاج مجدداً، وأدرجت اللجنة المذكورة موضوع الطاقة على جدول أعمالها للدورتين الرابعة عشرة والخامسة عشرة. وكانت الدورة الرابعة عشرة للجنة في عام ٢٠٠٦ هي 'دورة استعراض' لتحليل أثر التغييرات في سياسات الطاقة وأوجه التقدّم التكنولوجي على التقدّم المحرز نحو التنمية المستدامة. وخلال 'دورة السياسات' المناظِرة، أي الدورة الخامسة عشرة للجنة في أيار/مايو ٢٠٠٧، لم يُتَّفَق على نص جديد بشأن قضايا الطاقة، فباتت القرارات التي تم التوصل إليها خلال الدورة التاسعة للجنة وفي مؤتمر القمة العالمي للتنمية المستدامة هي الاتفاقات المعمول بها من جانب اللجنة بشأن الطاقة.

٤٣- ويقتضي بروتوكول كيوتو، الذي بدأ نفاذه في شباط/فبراير ٢٠٠٥، من معظم البلدان المتقدمة أن تحدَّ من انبعاثاتها من غازات الدفيئة في "فترة الالتزام الأولى"، التي تبدأ في ١ كانون الثاني/يناير ٢٠٠٨ وتمتد طوال عام ٢٠١٢. وقد اعتمدت مختلف البلدان سياسات عدّة استجابة لذلك. وهذه السياسات ليست كلها مفيدة للقوى النووية رغم ما تتسم به من قلة انبعاثات غاز الدفيئة، غير أنه يُفترَض، على المدى الأطول، أن تُزيد القيود الموضوعة على هذه الانبعاثات من جاذبية القوى النووية.

---

٤ ترد معلومات أكثر إسهاباً عن أنشطة الوكالة المنصبّة على الجوانب ذات الصلة بالطاقة في مجال التنمية المستدامة وتغيُّر المناخ في الأقسام ذات الصلة من التقرير السنوي على الموقع (http://www.iaea.org/Publications/Reports/Anrep2006/) والموقع http://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/Pess/climate.shtml.

٤٤- وفي تشرين الثاني/نوفمبر ٢٠٠٧، نشر الفريق الحكومي الدولي المعني بتغيُّر المناخ[٥] تقريره التقويمي الرابع، مؤكدًا أن آثار تغيُّر المناخ قد باتت ملحوظة بالفعل وأن الاستنباطات العلمية تشير إلى ضرورة اتخاذ إجراء في الأجل القريب للحد من انبعاثات غاز الدفيئة. وفي كانون الأول/ديسمبر، انعقد في بالي المؤتمر الثالث عشر للأطراف في اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغيُّر المناخ والاجتماع الثالث للأطراف في بروتوكول كيوتو. وتمخَّض الاجتماعان عن خطة عمل بالي[٦]، التي تتضمن قراراً يتم بمقتضاه "إطلاق عملية شاملة تجعل بالإمكان تنفيذ الاتفاقية تنفيذاً تاماً وفعالاً ومستديماً عبر إجراء تعاوني طويل الأجل..."، وذلك بغية اعتماد قرار خلال المؤتمر الخامس عشر للأطراف في اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغيُّر المناخ حول هدف عالمي في الأجل الطويل للحد من الانبعاثات. ويشمل ذلك التزامات أو إجراءات قابلة للتحقُّق تقع على جميع الأطراف من البلدان المتقدمة، وإجراءات تخفيف قابلة للتحقق تضطلع بها الأطراف من البلدان النامية في سياق التنمية المستدامة، إلى جانب الحد من الانبعاثات الناتجة عن إزالة الغابات وتدهورها في البلدان النامية. ولا تشمل خطة العمل أهدافاً محددة لتقليل الانبعاثات على نحو يمكن تقديره كمياً. كما لم تكن القوى النووية موضوعاً رئيسياً للنقاش.

ألف-٧-٢- الجوانب الاقتصادية

٤٥- إن هيكل التكاليف الخاص بمحطات القوى النووية يقوم على أساس 'تركيز المصروفات في البداية'، أي أن بناء هذه المحطات غالٍ نسبياً لكن تشغيلها رخيص نسبياً كذلك. وبالتالي، فإن محطات القوى النووية العاملة القائمة والتي تُدار بشكل جيد ما زالت مصدراً تنافسياً ومربحاً لتوليد الكهرباء. بيد أنه فيما يخص تشييد محطات جديدة، فإن القدرة التنافسية الاقتصادية للقوى النووية تعتمد، فيما تعتمد، على البدائل المتاحة، والطلب على الكهرباء في بلد ما عموماً ومدى سرعة تنامي هذا الطلب، وهيكل السوق وبيئة الاستثمار، والقيود البيئية، والمخاطر التي تهدد الاستثمار بسبب إمكانية حدوث حالات تأخير أو تغييرات لدواع سياسية ورقابية. وبالتالي فإن القدرة التنافسية الاقتصادية تختلف باختلاف البلدان والأوضاع.

٤٦- وثمة اتجاهات جديرة بالذكر شهدها عام ٢٠٠٧، من بينها ارتفاع أسعار جميع المدخلات اللازمة لتشييد محطات جديدة، بدءاً بالأسمنت وحتى اليد العاملة، وذلك نتيجة سرعة النمو الاقتصادي وارتفاع الطلب. وقد يستمر هذا الاتجاه ليعوض في المقابل، ربما بأكثر مما هو مفترَض، أي انخفاض متوقع في تكاليف التشييد نتيجة اكتساب الخبرة. ولهذا الاتجاه تأثيره على جميع مصادر الطاقة، من الفحم إلى الرياح، لكن كلما كان هيكل التكاليف أكثر تركيزاً للمصروفات في البداية تعاظم الأثر الناجم عن ذلك. وربما كان أكبر جوانب عدم التيقُّن لدى المستثمرين المحتملين حالياً في مجال القوى النووية هو سعر انبعاثات الكربون في مختلف البلدان مستقبلاً.

---

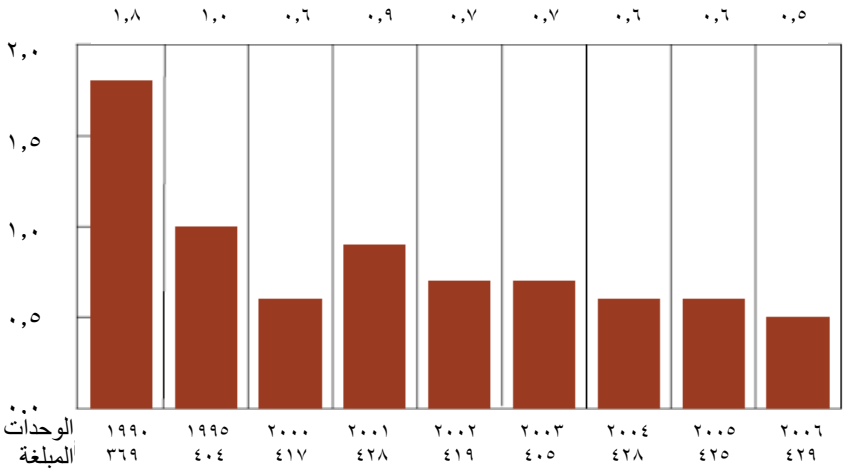
٥ في الشهر السابق، مُنِحت جائزة نوبل للسلام إلى كلٍّ من الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ ونائب الرئيس الأمريكي آل غور "تقديراً لجهودهما في إنشاء قاعدة معرفية بشأن تغيُّر المناخ الناجم عن الأنشطة البشرية ونشرها على نطاق أوسع، وإرساء الأسس التي تقوم عليها التدابير اللازمة لإبطال هذا التغيُّر".

٦ الموقع الإلكتروني http://unfccc.int/files/meetings/cop_13/application/pdf/cp_bali_action.pdf

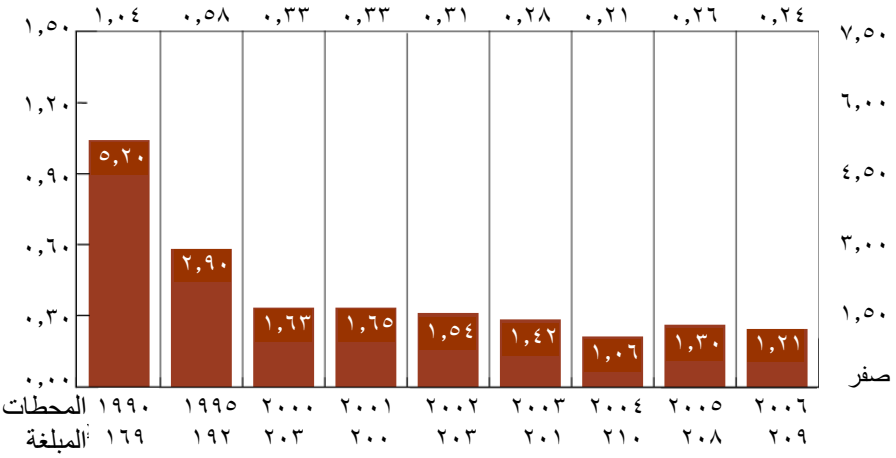
ألف-٧-٣- الأمان[٧]

٤٧- خلال عقد التسعينات، طرأ تحسُّن ملحوظ على مؤشرات الأمان، كتلك التي تنشرها الرابطة العالمية للمشغلين النوويين وترد مستنسخة في الشكلين ألف-٤ وألف-٥. وفي الأعوام الأخيرة، ظل الوضع ثابتاً في بعض المجالات. بيد أن الفجوة ما زالت واسعة بين الأفضل والأسوأ أداءً، بما يتيح متّسعاً ضخماً لمواصلة التحسين.

٤٨- وترد في *استعراض الأمان النووي* الذي تصدره الوكالة سنوياً (الوثيقة GC(52)/INF/2) معلومات أكثر إسهاباً عن الأمان وعن التطورات الأخيرة المتعلقة بجميع التطبيقات النووية.



الشكل ألف-٤- حالات الإيقاف الفوري بدون تخطيط مسبق لكل ٧٠٠٠ ساعة حرجة.
المصدر: مؤشرات أداء الرابطة العالمية للمُشغّلين النوويين لعام ٢٠٠٦



الشكل ألف-٥- الحوادث الصناعية في محطات القوى النووية لكل ٢٠٠ ٠٠٠ ساعة عمل (المقياس الأيسر وأعلى الرسم البياني) ولكل ١٠٠٠ ٠٠٠ ساعة عمل (المقياس الأيمن وفوق الخطوط).
المصدر: مؤشرات أداء الرابطة العالمية للمُشغّلين النوويين لعام ٢٠٠٦

---

٧ ترد معلومات أكثر إسهاباً عن أنشطة الوكالة بشأن الأمان النووي في الأقسام ذات الصلة من التقرير السنوي لعام ٢٠٠٦ على الموقع (http://www.iaea.org/Publications/Reports/Anrep2006/) وعلى الموقع http://www-ns.iaea.org/.

ألف-٧-٤- تنمية الموارد البشرية

٤٩- في ظل تصاعد التوقعات بشأن القوى النووية، ينصبُّ الاهتمام على الموارد البشرية المطلوبة لتحقيق هذه التوقعات، بما يشمل العمَّال المَهَرة وخريجي الأقسام المختصة بالبرامج النووية.

٥٠- وفي عام ٢٠٠٧، أصدرت اللجنة التوجيهية المختصة بالطاقة النووية، المنبثقة عن وكالة الطاقة النووية التابعة لمنظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي، بياناً بشأن دور الحكومات في تهيئة الموارد البشرية المؤهَّلة في المجال النووي. وأشارت المنظمة المذكورة إلى أن الدراسات الأخيرة كانت أوضحت أن التعليم والتدريب في المجال النووي عانى تراجعاً في شتى التخصصات داخل البلدان الأعضاء في المنظمة، وما لم يُتَّخَذ إجراء بهذا الصدد، سيكون القطاع النووي مهدَّداً بمواجهة نقص في القوى العاملة المؤهَّلة لضمان تنظيم المرافق النووية القائمة رقابياً وتشغيلها على النحو الملائم، فضلاً عن تشييد مرافق جديدة. وفيما يخص أوروبا، تم تعزيز هذا الاستنتاج في تقرير أصدرته المفوضية الأوروبية عام ٢٠٠٧، بعنوان *منهاج العمل بشأن تكنولوجيا الطاقة النووية المستدامة: تقرير لتحديد الرؤية* *The Sustainable Nuclear Energy Technology Platform:* A vision report، *أوصى بوجوب "... تعزيز التعليم والتدريب في مجال العلوم النووية والهندسة."*

٥١- وعقب فترة تراجع، يميل الاتجاه الراهن للتسجيل في الجامعات إلى النمو بدرجة متواضعة، متأثراً بما يلي:

- استمرار الحاجة بشكل أساسي للموارد البشرية في مجال التطبيقات غير المتصلة بالقوى، مثل التطبيقات الطبية والزراعية؛
- والحاجة التي لا تزال قائمة في البرامج النووية المكتملة والهيئات النووية الراسخة إلى إحلال الموظفين المتقاعدين؛
- والتوقعات التي تشير إلى نمو مستقبلي سيؤدي إلى زيادة استيعاب موظفين جدد في قطاع الصناعة النووية، بما يشمل المرافق والجهات الرقابية والهيئات البحثية.

٥٢- كما أن النمو المستقبلي المتوقع، إلى جانب المبادرات الأخيرة في مجال الابتكار التكنولوجي (انظر القسم باء)، وزيادة حجم التمويل الحكومي، وتسارُع وتيرة البرامج النووية في بلدان مثل الصين والهند، وإعادة تفعيل البرامج النووية في بلدان أخرى، كلها عوامل تجتذب كذلك أعداداً جديدة من الطلبة. وعلى سبيل المثال، فإن التمويل الحكومي المخصص لهذا الغرض في الولايات المتحدة أدى، من عام ٢٠٠٠ إلى عام ٢٠٠٧، إلى زيادة بأربعة أمثال في معدل تسجيل الطلبة الجامعيين في المجالات النووية (من ٥٠٠ طالب إلى ٢٠٠٠ طالب).

٥٣- كما يجري تناول قضايا الموارد البشرية عن طريق التوسُّع في برامج إدارة المعارف النووية عبر المنظمات الدولية وهيئات الصناعة النووية. وفضلاً عن الوكالة وما تهيئه من تدريب في مجالات تتراوح بين أجهزة محاكاة المفاعلات وحتى القانون النووي[٨]، تشمل الأمثلة على ذلك جهات رقابية مثل الهيئة الرقابية النووية في الولايات المتحدة، ومرافق مثل Energie Baden-Württemberg (EnBW) في ألمانيا، وشركات مختصة بالتصميم مثل AECL في كندا. وبالإضافة إلى ذلك، أصبحت عملية ربط الشبكات الأكاديمية والتعاون

٨ في عام ٢٠٠٧، قدَّم برنامج التعاون التقني التابع للوكالة دعماً لمشاريع ضمت ٢٢٨٧ مشاركاً في دورات تدريبية و١٦٦١ من الحاصلين على منح دراسية ومن الزائرين العلميين.

فيما بينها أكثر اتساعاً. وتنامى حجم الشبكة الآسيوية للتعليم في مجال التكنولوجيا النووية ليصل إلى ٢٨ مؤسسة عضواً من ١٢ بلداً. وأصبحت الشبكة الأوروبية لتدريس العلوم النووية تضم حالياً ٢٨ عضواً، بالإضافة إلى ١٦ عضواً مشاركاً، من ١٧ بلداً. وعُقِد البرنامج الثالث الخاص بالمعهد الصيفي للجامعة النووية العالمية في سول بجمهورية كوريا عام ٢٠٠٧، حيث اجتذب إليه ١٠٢ من الحاصلين على منح دراسية من ٣٥ بلداً.

باء- الانشطار والاندماج المتقدّمان

باء-١- الانشطار المتقدّم[٩]

باء-١-١- المشروع الدولي المعني بالمفاعلات النووية ودورات الوقود الابتكارية (إنبرو) والمحفل الدولي للجيل الرابع من المفاعلات

٥٤- يوفر مشروع الوكالة الدولي المعني بالمفاعلات النووية ودورات الوقود الابتكارية (مشروع إنبرو) محفلاً دولياً مفتوحاً لدراسة خيارات القوى النووية والمتطلبات المرتبطة بها. وهو يساعد على تكوين المهارات لوضع ونشر نظم طاقة نووية ابتكارية ويُعين الدول الأعضاء على تنسيق المشاريع التعاونية المرتبطة بذلك.

٥٥- وقد توصل المشروع المذكور إلى وضع منهجية لتقييم نظم الطاقة النووية الابتكارية. ويستخدم كل من الأرجنتين وأرمينيا وأوكرانيا والبرازيل والصين وفرنسا وفرنسا والهند والمفوضية الأوروبية هذه المنهجية في دراسات التقييم، كما يستخدمها الاتحاد الروسي وأوكرانيا والصين وكندا وجمهورية كوريا والهند واليابان في عملية تقييم مشترك لدورة وقود نووي مغلقة باستخدام مفاعلات سريعة.

٥٦- ويدأب مشروع إنبرو أيضاً على صياغة معايير مشتركة بين المستخدمين لتطوير محطات القوى النووية ونشرها في البلدان النامية. ويهدف ذلك إلى تيسير التفاهم بين مستخدمي التكنولوجيا ومالكيها فيما يخص احتياجات المستخدمين.

---

٩ ترد معلومات أكثر تفصيلاً عن أنشطة الوكالة بشأن المفاعلات الانشطارية المتقدّمة متاحة في الأقسام ذات الصلة من تقرير الوكالة السنوي لعام ٢٠٠٦ وذلك على الموقع (http://www.iaea.org/Publications/Reports/Anrep2006/). يرجى أيضاً الإطلاع على "المصطلحات المستخدمة لوصف محطات القوى النووية الجديدة المتقدّمة" (الوثيقة التقنية TECDOC-936، الصادرة عن الوكالة الدولية للطاقة الذرية، فيينا، النمسا، ١٩٩٧)؛ و"حالة تكنولوجيا المفاعلات السريعة المبرّدة بالفلز السائل" (الوثيقة التقنية TECDOC-1083، الصادرة عن الوكالة الدولية للطاقة الذرية، فيينا، النمسا، ١٩٩٩)؛ و"الحالة الراهنة لتكنولوجيا المفاعلات المعيارية المرتفعة الحرارة المبرّدة بالغاز وتطويرها المستقبلي" (الوثيقة التقنية TECDOC-1198، الصادرة عن الوكالة الدولية للطاقة الذرية، فيينا، النمسا، ٢٠٠١)؛ و"مفاعلات الماء الثقيل: الحالة والتطوير المتوقع"، (سلسلة التقارير التقنية TRS-407، الصادرة عن الوكالة الدولية للطاقة الذرية، فيينا، النمسا، ٢٠٠٢)؛ و"استعراض البرامج الوطنية للنظم التي تعمل بواسطة المعجلات من أجل التجزئة والتحويل النووي" (الوثيقة التقنية TECDOC-1365، الصادرة عن الوكالة الدولية للطاقة الذرية، فيينا، النمسا، ٢٠٠٣؛ و"حالة تصاميم مفاعلات الماء الخفيف المتقدّمة: ٢٠٠٤" (الوثيقة التقنية TECDOC-1391، الصادرة عن الوكالة الدولية للطاقة الذرية، فيينا، النمسا، ٢٠٠٤)؛ و"حالة تصاميم المفاعلات الابتكارية الصغيرة والمتوسطة الحجم" (الوثيقة التقنية TECDOC-1485، الصادرة عن الوكالة الدولية للطاقة الذرية، فيينا، النمسا، ٢٠٠٥)؛ و"حالة تصاميم المفاعلات الصغيرة التي لا تحتاج إلى إعادة تزويد بالوقود في الموقع" (الوثيقة التقنية TECDOC-1536، الصادرة عن الوكالة الدولية للطاقة الذرية، فيينا، النمسا، ٢٠٠٧).

٥٧- وأخيراً، يمضي العمل قدماً على ١٢ اقتراحاً بشأن مشاريع تعاونية اعتمدتها اللجنة التوجيهية لمشروع إنبرو في تموز/يوليه ٢٠٠٧.

٥٨- ومن خلال نظام قائم على عقود واتفاقات، ينسّق المحفل الدولي للجيل الرابع من المفاعلات (محفل الجيل الرابع) أنشطة الأبحاث بشأن النظم الستة للطاقة النووية من الجيل المقبل التي اختيرت في عام ٢٠٠٢ وورد وصفها في *خارطة الطريق لتكنولوجيا الجيل الرابع من نظم الطاقة النووية*: أي المفاعلات السريعة المبردة بالغاز، والمفاعلات المبردة بالرصاص، ومفاعلات الملح المصهور، والمفاعلات المبردة بالصوديوم، والمفاعلات فوق الحرجة المبردة بالماء، والمفاعلات الفائقة الحرارة.

٥٩- وفي عام ٢٠٠٧، تم التوقيع على الترتيبات المرتبطة بمشروع المفاعل السريع المبرّد بالصوديوم لإجراء البحوث التطويرية في مجال الوقود المتقدّم، وتصميم المكوّنات وتوازن المحطات، والعرض الإيضاحي الدولي للدورة الأكتينية الشاملة الذي يهدف إلى البرهنة على قدرة المفاعلات النيوترونية السريعة على العمل باستخدام جميع أنواع الأكتينات. واستكمل العمل على خطط البحوث الخاصة بنظامي المفاعلات فوق الحرجة المبرّدة بالماء والمفاعلات السريعة المبردة بالغاز، وبالنسبة إلى المفاعلات الفائقة الحرارة، بلغت ترتيبات المشروع مراحل التفاوض النهائية لدراسة تطوير واعتماد المواد المستخدمة في المفاعلات الفائقة الحرارة ووقودها وقضايا دورة الوقود، وإنتاج الهيدروجين. ويتعاون مشروع إنبرو ومحفل الجيل الرابع فيما بينهما لتفادي الازدواجية واستحداث التآزر، وقد اتفقا، في شباط/فبراير ٢٠٠٨، على خطة عمل مشتركة من ١٤ نقطة. وتشمل خطة العمل هذه قيام الوكالة باستخدام نموذج التقييم الاقتصادي الخاص بمحفل الجيل الرابع ECONS بغية تقويم التكاليف المترتبة على استخدام المفاعلات المبردة بالغاز، وقيام محفل الجيل الرابع باستخدام نموذج الوكالة للتقييم الاقتصادي الخاص بالهيدروجين المولّد بالأساليب النووية.

باء-١-٢- الشراكة العالمية في مجال الطاقة النووية

٦٠- الشراكة العالمية في مجال الطاقة النووية هي كناية عن جهد تعاوني يبذله ١٩ بلداً[١٠] يوافق على ضرورة توسيع الطاقة النووية في جميع أنحاء العالم. وتهدف الشراكة إلى التعجيل في تطوير ونشر تكنولوجيا دورات الوقود المتقدمة لتشجيع التنمية، وحماية البيئة، وتقليص مخاطر الانتشار النووي. وفي عام ٢٠٠٧، أنشأت الشراكة المذكورة لجنتين، الأولى تنفيذية قائمة على المستوى الوزاري والثانية توجيهية، وقد عقدت كلتا اللجنتين اجتماعات بدئية خلال العام، بالإضافة إلى فرق عاملة معنية بخدمات يعوّل عليها في ميدان الوقود النووي وبتطوير البنى الأساسية.

باء-١-٣- مزيد من التطوير في مجال الانشطار المتقدّم

٦١- إلى جانب مشروع إنبرو ومحفل الجيل الرابع والشراكة الدولية في مجال الطاقة النووية، يدأب عدد من البلدان والشركات والشراكات على إجراء البحوث بشأن المفاعلات الانشطارية المتقدّمة وعلى تطويرها ونشرها. ويرد موجز عن هذه البرامج في "*استعراض التكنولوجيا النووية لعام ٢٠٠٧* "[١١]. وقد جاءت التطوّرات المسجّلة في عام ٢٠٠٧، إلى حد كبير، مكمّلة للتقدّم المسجّل في عام ٢٠٠٦، ولم يتم بالتالي إيجازها مجدداً هنا، في "*استعراض التكنولوجيا النووية لعام ٢٠٠٨* ".

---

١٠ كما في نهاية عام ٢٠٠٧.

١١ الموقع الالكتروني: http://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/Pess/assets/ntr2007.pdf.

باء٢- الاندماج

٦٢- لقِيَت الجهود الدولية الرامية إلى تحقيق استخدام الاندماج كمصدر مستقبلي للطاقة التزاماً راسخاً من جانب سبعة أطراف في مشروع المفاعل التجريبي الحراري النووي الدولي (وهي الاتحاد الأوروبي والاتحاد الروسي والصين وجمهورية كوريا والهند والولايات المتحدة الأمريكية واليابان) بحيث وُضِعت اللمسات الأخيرة على اتفاق التنفيذ المشترك لمشروع المفاعل التجريبي الحراري النووي الدولي (اتفاق التنفيذ المشترك) وتم التوقيع عليه في إطار اجتماع وزاري عُقِد في باريس في ٢١ تشرين الثاني/نوفمبر ٢٠٠٦. وقد صدّقت جميع الحكومات المعنية على الاتفاق في وقت لاحق. ودخل اتفاق التنفيذ المشترك حيز النفاذ في ٢٤ تشرين الأول/أكتوبر ٢٠٠٧، وباتت معه منظمة الطاقة الاندماجية الدولية المختصة بالمفاعل التجريبي الحراري النووي الدولي تشكل كياناً قانونياً. ويدوم ارتباط الوكالة بهذه المبادرة الدولية الكبرى منذ أكثر من ٢٠ عاماً، وقد أعربت الأطراف المعنية بالمفاعل التجريبي الحراري النووي الدولي عن اهتمامها الشديد بالحفاظ على المشاركة المستمرة من جانب الوكالة. وتؤدي الوكالة دور جهة اتصال دولية هامة بالنسبة للأطراف المعنية بالمفاعل التجريبي الحراري النووي الدولي ولجميع الدول الأعضاء، فيما يخص أنشطة متصلة بالتعليم والتدريب في ميدان الاندماج. ويمكن لخبراء من أجهزة اندماجية أصغر أن يساعدوا في التأثير على التصميم النهائي للمفاعلات الاندماجية عن طريق عقد اجتماعات منتظمة تحت رعاية الوكالة الدولية للطاقة الذرية بغية مناقشة إنجازاتهم التقنية. وتوفّر الوكالة أيضاً محفلاً للخبراء الدوليين المنكبّين على دراسة تصاميم محطات القوى القائمة على الاحتواء المغنطيسي وعلى مخططات بديلة. ومحطة القوى الانشطارية الإيضاحية التي ستقام مستقبلاً ستستفيد ممّا سيكتسبه المفاعل التجريبي الحراري النووي الدولي من خبرات.

٦٣- وبغية الإسراع في تحقيق الطاقة الاندماجية، اتفق كل من يوراتوم واليابان على العمل معاً بموجب اتفاق 'النهج الأوسع' على مدى السنوات العشر المقبلة. والبنية الأساسية الضرورية للمضي قدماً في اتجاه إنشاء مرفق إيضاحي لإنتاج الكهرباء باستخدام الطاقة الاندماجية تشمل المرفق الدولي لتشعيع المواد الاندماجية المزمع استخدامه لاختبار المواد المستعملة في المفاعلات الاندماجية وتقرير صلاحيتها.

٦٤- وقد قام المؤتمر الدولي الخامس المعني بعلوم الاندماج بالقصور الذاتي وتطبيقاته، الذي عقد في اليابان في أيلول/سبتمبر ٢٠٠٧، بتسليط الضوء على الإنجازات المحققة في ميدان الاندماج باستخدام أجهزة الليزر أو الإشعاعات أو حزم الأيونات الثقيلة كمحفزات لضغط كريات الاندماج المصنوعة من الديوتيريوم والتريتيوم. كما أدى إدراج اجتماع تقني نظمته الوكالة كجزء من أعمال المؤتمر المذكور إلى إتاحة الفرصة للخبراء، مدعومين من خلال مشروع بحثي منسّق يعنى بطاقة الاندماج بالقصور الذاتي، لعرض عملهم أمام جمهور واسع ذي خبرة، شمل مؤسسات كبرى مثل "مرفق الإشعال الوطني" الأميركي ومشروع "ليزر ميجاجول" الفرنسي ومشروع "تجربة تحقيق الإشعال السريع" الياباني، وذلك في معهد هندسة الليزر في أوساكا، اليابان. ويصادف العام ٢٠٠٨ الذكرى الخمسين للكشف عن نتائج بحوث الاندماج النووي المدني في مؤتمر "تسخير الذرة من أجل السلام" الثاني المعقود في جنيف في عام ١٩٥٨. وسيعقد مؤتمر الوكالة الثاني والعشرون المعني بالطاقة الاندماجية، FEC-2008، خلال شهر تشرين الأول/أكتوبر من العام الجاري، في المكان نفسه، أي في قصر الأمم في جنيف، وتشارك سويسرا في استضافة هذا المؤتمر لإحياء ذكرى الحدث الذي شهده عام ١٩٥٨.

٦٥- ويشهد الاهتمام بأنشطة الاندماج تزايداً في العديد من البلدان. ومن الأمثلة على ذلك قيام وزير العلم والتكنولوجيا البرازيلي مؤخراً بتدشين شبكة برازيلية لبحوث الاندماج. وستجمع هذه الشبكة بين أنشطة مختلف الجامعات ومعاهد البحوث والمختبرات لتحديد الأولويات وتشجيع التعاون الدولي. وقد استضافت البرتغال تجارب مشتركة حول الاندماج، متيحة لحوالي ٢٩ من الخبراء الدوليين الشباب استخدام مفاعل توكاماك التابع

للمعهد العالي للتكنولوجيا البرتغالي لإجراء تجارب ذات صلة بالتصميم المستقبلي لتجارب الاندماج وبالمشاركة عن بعد في هذه التجارب.

جيم- البيانات الذرية والنووية

٦٦- عُقِد المؤتمر الدولي المعني بالبيانات النووية للعلوم والتكنولوجيا في نيس بفرنسا، في الفترة الممتدة من ٢٢ إلى ٢٧ نيسان/أبريل ٢٠٠٧. وعلى مدى ستة أيام من المناقشات المكثفة، تم التشديد على الاحتياجات في مجال البيانات لما يلي: المفاعلات الابتكارية ودورات الوقود (مفاعلات انشطارية تتسم بقدر أكبر من الأمان والنظافة والتوفير)؛ والجهود الرامية للتوصل إلى مفاعلات اندماجية (انظر المفاعل التجريبي الحراري النووي الدولي) ولاختبار المواد اللازمة في هذا النوع من المرافق (انظر المرفق الدولي لتشعيع المواد الاندماجية)؛ والنظم المشغّلة بالمعجّلات المصممة لتحويل النفايات النووية وإنتاج الطاقة؛ والتطبيقات الطبية، بما يشمل إنتاج النظائر المشعة، وعمليات المحاكاة الحاسوبية لجرعات الإشعاعات المعطاة للمرضى، والسبل المتقدمة لعلاج السرطان التي تُستخدم فيها الجسيمات المشحونة؛ والتقنيات التحليلية التي هي قيد التكييف لاستخدامها في تشخيص الإرث الثقافي وعمليات تحليل مكوّنات المواد.

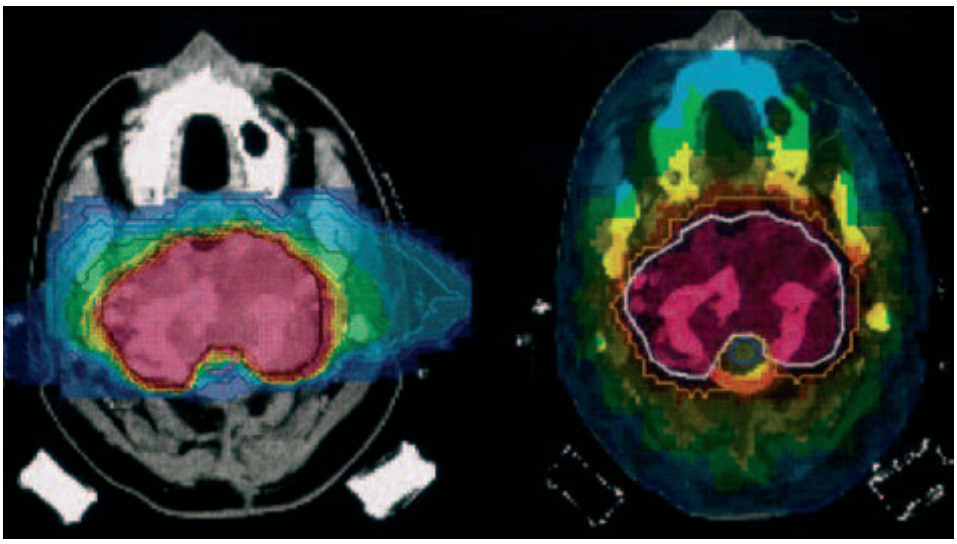
٦٧- ويتعاون العلماء في كل من هذه المجالات، كما تُبْذل الجهود على المستويين الوطني والدولي لتوضيح وحل القضايا المرتبطة بالبيانات الذرية والنووية من أجل تحسين الفهم والتقدير الكمي في هذا النوع من الدراسات.

٦٨- وفي ١١ كانون الثاني/يناير ٢٠٠٧ استهل، في مدينة كارلسروهي بألمانيا، مشروع جديد يدعى "المرافق الأوروبية لقياسات البيانات النووية"، وهو كناية عن مبادرة لإدماج البنى الأساسية بتمويل من المفوضية الأوروبية. ويرمي هذا المشروع أساساً إلى تعزيز الاستخدام المتساوق للخدمات المرتبطة بالبنى الأساسية وإدماجها عن طريق التشبيك وإتاحة إمكانية معاينة المرافق المشاركة من خارج البلاد لإجراء قياسات البيانات النووية والاضطلاع بأنشطة البحوث المشتركة. وستوفر 'المرافق الأوروبية لقياسات البيانات النووية' مجالاً ملائماً لإدماج جميع الجهود العلمية بغية التوصل إلى قياسات عالية الجودة للبيانات النووية دعماً لدراسات تحويل النفايات والدراسات التصميمية الخاصة بنظم الجيل الرابع من المفاعلات التي يتم تطويرها لتقليص كميات النفايات المشعة التي تخلّفها نظم توليد القوى.

٦٩- وخلال عامي ٢٠٠٦-٢٠٠٧، أطلقت الولايات المتحدة الأمريكية ووكالة الطاقة النووية التابعة لمنظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي مكتبتين جديدتين للتطبيقات النووية (US ENDF/B-VII للأولى و JEFF-3.1.1 للثانية) وأدخلت إلى هاتين المكتبتين كميات هائلة من البيانات الجديدة بغية مواصلة تحسين تحديد سمات عمليات المفاعلات الانشطارية والاندماجية والتحكم بها. وستستخدم هذه البيانات لتحسين الموثوقية والفعالية، كما ستساعد على تقليص كميات النفايات. ويمكن أيضاً استخراج بيانات خاصة بتطوير النظم المشغلة بالمعجلات. وتستخدم هاتان المكتبتان، بالإضافة إلى "قاعدة البيانات التجريبية المتعلقة بالتفاعلات النووية"، في مجال التقنيات التحليلية النووية غير المتلفة مثل تقنية التحليل بالتنشيط النيوتروني وتقنية التحليل بحزم الأيونات المستخدمتين لتحديد السمات الكيميائية والنظيرية للأشياء الثمينة بحيث لا تكون هناك حاجة سوى إلى أخذ عينات ضئيلة جداً منها.

٧٠- وبالإضافة إلى مصادر الأشعة السينية وأشعة بيتا وغاما التقليدية المستخدمة في العلاج والتشخيص، فإن تشعيع المرضى مباشرة باستخدام جسيمات مشحونة مولّدة بواسطة المعجّلات بات يتسم بقدر متزايد من

الأهمية. وتكمن إحدى مزايا الجسيمات المشحونة في القدرة على تجنب تشعيع الأنسجة السليمة (انظر الشكل جيم-١). والوكالة، اعترافاً منها بالحاجة إلى بيانات دقيقة لتصميم مرافق علاج المرضى وتخطيطها، تدأب على تشجيع تقييم بيانات التفاعل بين الجسيمات المشحونة في التطبيقات الطبية.

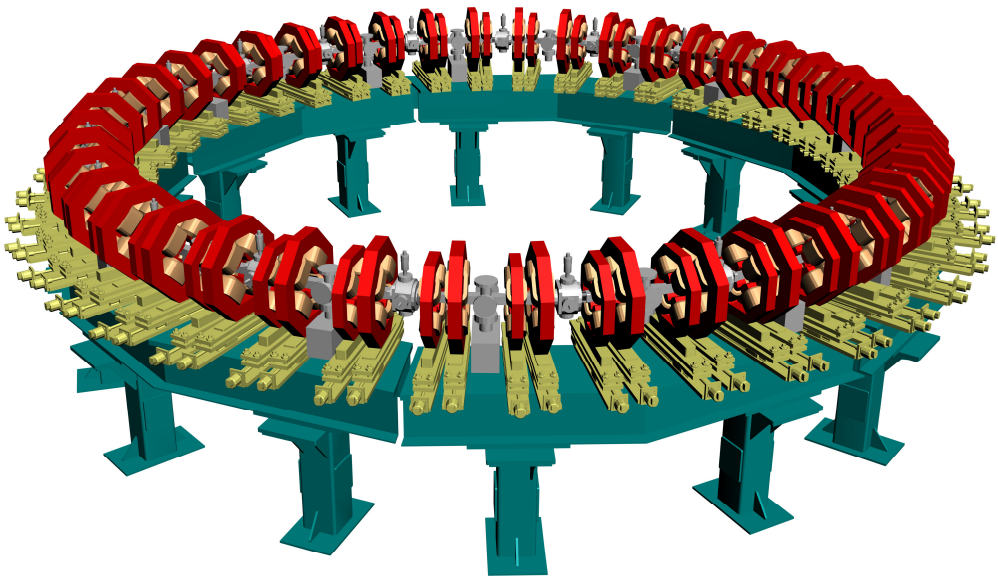


الشكل جيم-١ . مقارنة بين خطة علاجية تستخدم فيها أيونات الكربون (الشريحة اليسرى) وأخرى تستخدم فيها الأشعة السينية التقليدية (الشريحة اليمنى). تم في الحالتين تشعيع المنطقة المستهدفة ولكن الجرعة التي تلقتها الأنسجة السليمة عند استخدام أيونات الكربون أقل بكثير. وتتوقف دقة التخطيط على موثوقية قاعدة بيانات الجسيمات المشحونة (مصدر الصورة، مركز بحوث الأيونات الثقيلة (GSI)*، ألمانيا).*

دال- التطبيقات الخاصة بالمعجلات ومفاعلات البحوث

دال-١- المُعجّلات

٧١- بدأت أعمال تشييد أول معجّل ذي حقل ثابت ودرجة انحدار متناوبة غير تناسبية (الشكل دال-١) في مختبر ديرسبوري بالمملكة المتحدة. ويتوقع أن يكون لهذا المعجّل، الذي يعود اختراعه إلى عام ١٩٩٩، تأثير مهم نظراً لكونه يشكل الجيل الجديد من المعجلات الاكلينيكية القائمة في المستشفيات لعلاج السرطان بالحزم الإشعاعية التي تستخدم البروتونات وأيونات الكربون. وهذا النوع من المعجّلات أصغر حجماً وتشغيله أبسط وكلفته أقل من المعجّلات السيكلوترونية والسنكروترونية المستخدمة في علاج السرطان. كما أن هذا المعجل، الذي تستخدم فيه حزم الإلكترونات، سيوفر معلومات تتيح إمكانية تصميم وبناء معجل نموذجي للتطبيقات الطبية، كما سيوفر المعارف اللازمة لتقييم إمكانياته كمحفّز للبروتونات يستخدم في المفاعلات دون الحرجة المشغلة بواسطة المعجلات، وكذلك في أعمال تحويل النفايات وبحوث المواد. ويجري حالياً تصميم أول معجّل ذي حقل ثابت ودرجة انحدار متناوبة غير تناسبية بواسطة جهد تعاوني دولي يشارك فيه مختبر بروكهيفن الوطني، والمنظمة الأوروبية للبحوث النووية، ومختبر "فرمي" الوطني للمعجلات (فرميلاب)، ومختبر الفيزياء دون الذرية وعلم الكونيات (الكوزمولوجيا)، ومختبر "ترايومف"، ومراكز علوم المعجلات في المملكة المتحدة، ومن المتوقع أن يصبح هذا المعجّل قيد التشغيل في عام ٢٠٠٩.



الشكل دال-١ – التصميم النظري لحلقة المعجل ذي الحقل الثابت ودرجة الانحدار المتناوبة غير التناسبية.

دال-٢- مفاعلات البحوث

٧٢- في فرنسا، بدأ في آذار/مارس ٢٠٠٧ العمل على بناء مفاعل جول هورووِيتز لاختبار المواد، البالغة قدرته ١٠٠ ميجاواط (حراري). وتعمل هيئة الطاقة الذرية الفرنسية، بتمويل من اتحاد دولي، على بناء هذا المفاعل الذي سيشكل مرفق بنية أساسية رئيسياً في الاتحاد الأوروبي لدعم تطوير القوى النووية. وفي انتظار توافر وقود عالي الكثافة من اليورانيوم الضعيف الإثراء أو من مزيج اليورانيوم والموليبدينوم، سيبدأ تشغيل المفاعل باستخدام وقود سيليسيد اليورانيوم المثرى بنسبة ٢٧%. وفي بلجيكا، بلغت عملية تطوير مرفق تشعيع جديد مدفوع بالمعجلات (مرفق MYRRHA) مرحلة متقدّمة. ومن المزمع استخدام هذا المرفق كمرفق بحوث أوروبي متعدد الأغراض يتيح القيام بجملة أمور منها دراسة التحولات التي تشهدها النفايات العالية الإشعاع الطويلة العمر، وأداء المكوّنات والمواد الابتكارية المزمع استخدامها في نظم الطاقة المستقبلية.

٧٣- وتمت الاستفاضة في مناقشة أواصر التعاون الإقليمي خلال المؤتمر الدولي المعني بمفاعلات البحوث: استخدامها على نحو مأمون وفعال، الذي عقد في سيدني، أستراليا، في الفترة الممتدة من ٥ إلى ٩ تشرين الثاني/نوفمبر ٢٠٠٧. وقد خلص المؤتمر إلى جملة استنتاجات منها أن التعاون الدولي نجح في حالات عديدة، وقد لعب دوراً أساسياً في التمكن من تلبية احتياجات العملاء والحفاظ على مؤسسات قوية مالياً في المستقبل؛ وأن الاتحادات والائتلافات وشبكات فرق النظراء قادرة على تطوير الاستخدام الفعال والحفاظ عليه؛ وأنه ينبغي للوكالة الاستمرار في تيسير تشكيل مجموعات من المنظمات المشغلة لمفاعلات البحوث، اعترافاً منها بأنه ما من نموذج واحد يناسب جميع الحالات.

٧٤- ويسعى برنامج الإثراء المنخفض لوقود مفاعلات البحوث والاختبارات (RERTR) وغيره من المبادرات، مثل المبادرة العالمية لتقليص التهديدات، إلى تحويل المفاعلات البحثية التي تستخدم وقود اليورانيوم الشديد الإثراء إلى استخدام وقود اليورانيوم الضعيف الإثراء. وعلى الصعيد العالمي، تم تحويل خمسة وخمسين مفاعل بحوث إلى استخدام وقود اليورانيوم الضعيف الإثراء حتى نهاية عام ٢٠٠٧، ويخطط أيضاً لتحويل ستة

وأربعين مفاعلاً آخر لاستخدام أنواع الوقود المؤهلة المتوفرة. ويلزم تطوير وتأهيل أنواع متقدمة فائقة الكثافة من وقود اليورانيوم والموليبدينوم، التي ما زالت تحتاج إلى تأهيل، من أجل تحويل ثمانية وعشرين مفاعل بحوث إضافياً من استخدام وقود اليورانيوم الشديد الإثراء إلى وقود اليورانيوم الضعيف الإثراء. وقد تم إحراز تقدّم جيد في ميدان التنسيق الدولي لأعمال أساسية في مجال تطوير وتأهيل ضروب عالية الكثافة من وقود اليورانيوم الضعيف الإثراء، كما برز ذلك في الاجتماعات السنوية التي عقدها برنامج الإثراء المنخفض لوقود مفاعلات البحوث والاختبارات، والاجتماع المواضيعي الدولي بشأن التصرف في وقود مفاعلات البحوث، في عام ٢٠٠٧.

٧٥- وقد أشير في *"استعراض التكنولوجيا النووية لعام ٢٠٠٧"* إلى الجهود الرامية إلى التصدّي لأوجه القصور في سلوك أنواع الوقود الفائقة الكثافة الناتجة عن تشتت اليورانيوم والموليبدينوم، بالأخص عند مستويات عالية من القدرة ودرجات الحرارة. ويتم حالياً استقصاء عدة حلول محتملة تشمل تبديلات في التركيبة الكيميائية للوقود والمصفوفة أو الاستعاضة عن مصفوفة الألمنيوم بمادة أخرى، فضلاً عن استراتيجية بديلة للتخلص كلياً من المصفوفة (وقود أحادي الكتلة)، وذلك بالتعاون ضمن فريق عامل دولي معني بتطوير الوقود يضم كلاً من الاتحاد الروسي والأرجنتين وألمانيا وفرنسا وكندا وجمهورية كوريا والولايات المتحدة الأمريكية.

٧٦- وقد أظهرت نتائج فحص أجري على صفائح صغيرة من وقود ناتج عن تشتت اليورانيوم والموليبدينوم بعد تشعيعه ضمن إطار اختبارات أجريت في الولايات المتحدة أن إضافة نسب تتراوح بين ٢ و٥% من السيليكون قلصت بشكل كبير من مدى التفاعل بين الوقود والمصفوفة وشكلت حلاً ناجعاً لمشاكل الانتفاخ المسجلة في ظل مستويات القدرة ودرجات الحرارة المستخدمة خلال الاختبارات.

٧٧- أمّا نتائج اختبارات التشعيع الفرنسية المنفّذة على صفائح كاملة الحجم لتشتيت اليورانيوم والموليبدينوم باستخدام مسحوق مطحون أو مرذذ من خليط اليورانيوم والموليبدينوم ومصفوفات من الألمنيوم ذات تركيبات مختلفة، مع إضافة السيليكون أو بدونه، فقد أظهرت مستوى جيداً جداً من الأداء التشعيعي عند مستوى عال من القدرة ومعدلات الحرق حتى دون إضافة السيليكون إلى المصفوفة. ومن الناحية المبدئية، يعزى هذا السلوك إلى وجود طبقة أكسيدية واقية حول الجسيمات.

٧٨- ويلزم استخدام وقود أحادي الكتلة مكوّن من خليط اليورانيوم والموليبدينوم ذات كثافة أعلى من اليورانيوم لتحويل مفاعلات البحوث العالية الأداء، ويجري حالياً تكريس جهود كبيرة لتطوير هذا النوع من الوقود. وقد تم تشعيع صفائح صغيرة من الوقود الأحادي الكتلة وجاءت النتائج جيدة عند كثافة قدرة معتدلة ومعدل حرق معتدل، وعند كثافة قدرة عالية فائقة ومعدل حرق عالٍ. ويتم تطوير ومتابعة تقنيات مختلفة لصنع وقود اليورانيوم والموليبدينوم الأحادي الكتلة.

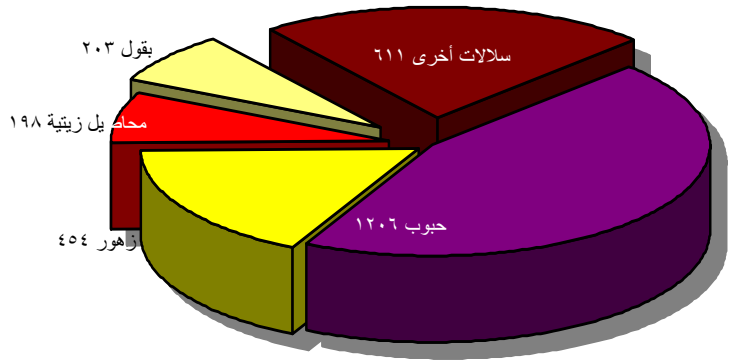
هاء- التكنولوجيات النووية في مجال الأغذية والزراعة

هاء-١- تحسين المحاصيل

٧٩- بات الطفر المستحث للمحاصيل الوسيلة المفضلة لاستيلاد سلالات متفوّقة من المحاصيل، وقد نتج عنه الإطلاق الرسمي لزراعة ما يقارب ٣٠٠٠ سلالة طافرة (الشكل هاء-١). وتمشياً مع أهداف التحسين الماضية، تصدّى 'الجيل الأول' من السلالات الطافرة للحاجة إلى تعزيز إنتاجية الغلال عن طريق التوصل إلى مستويات عليا من الفعالية في استخدام المغذّيات وإلى القدرة على مقاومة قوى الإجهاد الأحيائية وغير الأحيائية. ومع بلوغ

الحدود القصوى من الإنتاجية فيما يخص أهم المحاصيل، انتقل تشديد برامج تحسين المحاصيل الآن ليركز على إدخال سمات ذات قيمة مضافة تتيح تنويع الاستخدامات النهائية، وتوليد مداخيل إضافية عن طريق تحسين التنافسية والتصدي لمتطلبات غذائية خاصة. ولا تتطلب هذه السمات سوى تغييرات طفيفة في العوامل الوراثية (الجينات)، وهذا وضع يلائم بشكل خاص تكوّن الطفرات الوراثية المستحثة.

٨٠- وتشمل السلالات الطافرة المستحثة ذات السمات المحسّنة، التي تم إطلاقها مؤخراً والتي تفي بالاحتياجات الخاصة المذكورة أعلاه، سلالتين من الشعير تتسمان بقيمة غذائية أكبر (فمن المحتمل أن يؤدي تخفيض معدلات حمض الفيتيك إلى زيادة التوافر الحيوي للحديد والزنك والكالسيوم)، وهاتان السلالتان هما: "كليروووتر" و"هيرالد". وباستخدام هاتين السلالتين في صنع الأعلاف الحيوانية، على سبيل المثال، يحقق المزارعون وفورات هائلة عن طريق تفادي الحاجة إلى شراء مكمّلات غذائية باهظة الثمن لمكافحة آثار حمض الفيتيك. ويساهم استخدام هذه السلالات الطافرة أيضاً في ضمان بيئة أنظف، إذ يتم التخلص بشكل كبير من تلوّث المياه الجوفية والسطحية الناتج عن كميات الفوسفور المفرطة المرتبطة بالمواشي التي تغذّى بواسطة سلالات من الشعير تحتوي على معدلات عالية من حمض الفيتيك.



الشكل هاء-١- السلالات الطافرة (٢٠٠٧)
المصدر: قاعدة بيانات السلالات الطافرة، المشتركة بين الفاو والوكالة
(http://www-mvd.iaea.org)

٨١- وتتيح الطفرات المستحثة أيضاً توسيع الاستخدامات الممكنة لفول الصويا عن طريق تعزيز قيمته الغذائية. فسلالة "ساكوكاي ٤"، التي أطلقت مؤخراً في اليابان، تملك القدرة على تثبيت النيتروجين لتكاد تصبح بالتالي ذاتية التسميد، فتنتفي بذلك الحاجة إلى استخدام أسمدة أخرى. ويحقق المزارعون بذلك وفورات هائلة. وتشمل سلالات فول الصويا الطافرة المطلقة مؤخراً سلالة "يومينوري" التي تتسم بمحتويات عالية من الغليسين، وهي مادة 'مفيدة' تمهّد لتكوّن البروتينات، وسلالة "إيشيهيمي" الخالية من الليبوكسيجيناز، وهو إنزيم نباتي متواجد في الطبيعة يحفز نشوء أمراض مثل الربو وأمراض القلب.

هاء-٢- تعزيز توليد الوقود الحيوي

٨٢- أرسى العديد من البلدان أهدافاً وجداول زمنية لتكميل الغازولين بواسطة وقود مستخرج من موارد طاقة متجددة. ويلزم زيادة مستويات إنتاج الإيثانول والديزل الحيوي من أجل تحقيق هذه الأهداف، التي وُضِع العديد منها للمستقبل القريب. وسيتطلب ذلك بذل مجموعة من الجهود، منها الانتقال من إنتاج الإيثانول القائم على النشاء إلى الإيثانول القائم على السلولوز. ويتيح التعزيز الوراثي لمحاصيل الكتلة الحيوية فرص تحسين الغلال الشاملة من الكتل الحيوية وتحسين جدوى تحويل هذه الكتل في آن معاً. وإحدى الوسائل الناجعة لتحقيق هذه الأهداف تكمن في برنامج لاستخدام الحث الطفري في استيلاد النباتات تكون بموجبه العملية الانتقائية قائمة على مورثات (جينات) فردية بدلاً من أن تعتمد على بقع صبغية كبيرة تتضمن السمة المعنيّة. وفي الماضي القريب، تم تقييم تكوين جدران خلايا الذرة بواسطة جهاز مسح جيني ذي طاقة عالية، ممّا أسفر عن تشكيلة من الطافرات التي يمكن الآن تقييمها لقياس فعاليتها في تحويل الكتل الحيوية. ويمكن إدماج المورثات الطافرة ضمن برنامج لتحسين السلالات، أو يمكن استخدام تسلسل جيني لتعيين الأنواع الطبيعية المثيرة للاهتمام.

هاء-٣- تحسين إنتاجية المواشي والصحة البيطرية

٨٣- باتت تطبيقات التكنولوجيا النووية، التي طُوِّرت لتلبية متطلبات محددة وفريدة، تُستخدم استخداماً متزايداً للحصول على المواشي ومنتجات المواشي بأعداد أكبر وسمات أفضل. وتشير التوجهات الحالية إلى أن هذه التقنيات ستؤدي دوراً هاماً في عملية تحسين التغذية والتناسل الحيوانيين والصحة البيطرية. فالقياس المناعي الإشعاعي مثلاً يُستخدم الآن لقياس تركيز جزيئات معيّنة داخل عيّنة بيولوجية، ولترقيم الميكروبات التي تصيب المعدة، وتقييم الأعلاف الحيوانية، وتحليل تحوّل الأعلاف إلى مغذّيات وتمثُّلها. وقد توسع استخدام تقنية القياس المناعي الإنزيمي لتقييم الأجسام الدفاعية المستهدفة وتعيينها ومراقبتها من أجل رصد تعرّض الحيوانات للكائنات المُمرضة. ويُستخدم التفاعل البوليميري المتسلسل، أو تسلسل هذا التفاعل، للكشف عن جزيئات الكائنات المسببة للأمراض الحيوانية وتحديد سماتها عن طريق الترقيم المباشر للحمض النووي بغية اختيار السمات الجينومية المطلوبة أو تأكيد ما تم اختياره من هذه السمات (لحم أقل دهناً، حليب أكثر، مقاومة الأمراض، وغيرها)، أو لتعيين نَسَبِ حيوان ما أو أصله. وهذه التطبيقات الجديدة للتكنولوجيات النووية تجد باستمرار طريقها إلى الممارسات البيطرية.

٨٤- ويتيح استخدام النظائر المستقرة، واللقاحات المشعة، وتكنولوجيا الانبعاث البوزيتروني، إمكانات للمستقبل. ويستمر استعمال النظائر المستقرة في تطبيقات الإنتاج الحيواني والصحة البيطرية. كما أن الترقيم بواسطة الكربون-١٣ أو النيتروجين-١٥ يستخدم في وسائل تتيح الرصد التجريبي لأيض الكربوهيدرات، وتمثّل البروتينات والمغذيات. ويجري باطراد استخدام تقنية تخفيف الماء الموسوم بالنظائر المستقرة (أكسيد الديوتيريوم) لأغراض تحديد الكتلة الجسدية غير الدهنية، ومحتوى الدهون، وتكوين الجسم، وإجمالي المدخول الغذائي من المياه واللبن في أجسام العجول. ويتم قياس تركيز أكسيد الديوتيريوم في سوائل الجسم باستخدام قياس الطيف الكتلي لنسبة النظائر أو تنظير طيف الأشعة دون الحمراء. ويتم أيضاً استخدام قياس الطيف الكتلي لنسبة النظائر في أعمال تقييم القدرة الإمراضية وغيرها من الدراسات الفيزيولوجية وكذلك لتحديد منشأ المنتجات الحيوانية الجغرافي بشكل غير توسّعي. والتوصل إلى تحديدٍ دقيق لمنشأ المنتجات الحيوانية الجغرافي قد يتيح للدول الأعضاء مزيداً من الفرص الاقتصادية. فعلى سبيل المثال، إذا كان من الممكن القضاء على مرض ما في جميع أنحاء بلد ما فيما عدا مناطق صغيرة معيّنة، يمكن بالتالي تبرير تصدير المنتجات الحيوانية من مناطق أخرى إذا توفرت القدرة على تحديد منشأ هذه المنتجات بدقة والتحقق من أنها تأتي من مناطق خالية من المرض. وفضلاً عن ذلك، يتسم هذا النهج بإمكانات تتيح تحديد الأدوار التي يحتمل أن تلعبها الحيوانات البرية كعامل لنقل الأمراض الحيوانية، مثل إسهام الطيور المهاجرة في نشر إنفلونزا الطيور من مناطق الأمراض المستوطنة إلى المناطق غير المصابة بالعدوى.

٨٥- وتنتُج عن استخدام التشعيع لإبطال فعالية اللقاحات كائناتٌ مُمرضة ميتة تقلّد بشكل أفضل نمط الحث المناعي الذي تتسم به الكائنات المُمرضة الحيّة. ويتيح ذلك نهجاً جديداً للتحصين ضد أمراض معيّنة مثل الملاريا أو داء الحمى القلاعية أو حمى وادي الصدع أو داء "نيوسبورا" الذي يصيب الأبقار، في حين أن اللقاحات المصممة وراثياً لم تحقق أي نجاح يذكر. وقد استهلت الآن البحوث بشأن لقاحات مشعة لمكافحة الطفيليات الدموية لدى الماشية.

٨٦- وقد شهدت الأعوام القليلة الفائتة انتقال العديد من تكنولوجيات الطب البشري لاستخدامها في أغراض بيطرية. ومن الأمثلة على ذلك التصوير المقطعي بالانبعاث البوزيتروني. فالأطباء البيطريون يستخدمون هذه التقنية لتشخيص الأورام وغيرها من أوجه الخلل التي تصيب الأنسجة لدى الحيوانات ذات القيمة العالية مثل

أحصنة السباق والثيران المستخدمة للتناسل. ويمكن لاستخدام التصوير المقطعي بالانبعاث البوزيتروني أن يخفّض التكاليف ويحسّن رفاه الحيوانات عن طريق تقليص الحاجة إلى العمليات الجراحية الاستكشافية.

هاء-٤- مكافحة آفات الحشرات

هاء-٤-١- استخدام تقنية الحشرة العقيمة لمكافحة ذباب تسي تسي

٨٧- تتواصل الجهود لزيادة استخدام تقنية الحشرة العقيمة لمكافحة ذباب تسي تسي في المناطق ذات الأولوية، بما فيها وادي الصدع الجنوبي في إثيوبيا. ففي ٣ شباط/فبراير ٢٠٠٧، تم رسمياً تدشين أول وحدتين نمطيتين من المركز الكبير لتربية وتشعيع ذباب تسي تسي، الواقع في كاليتي قرب أديس أبابا، والتابع لمشروع استئصال ذباب تسي تسي في وادي الصدع الجنوبي. وقد جاء التدشين بعد انتهاء المؤتمر الخاص للجهات المانحة في الحملة الإفريقية لاستئصال ذباب تسي تسي وداء المثقبيات الذي نظمّه الاتحاد الأفريقي. وسيتكوّن المرفق، عند استكماله، من ٧ وحدات نمطية وسيكون في النهاية قادراً على تربية ما لا يقل عن سبعة ملايين من إناث ذباب تسي تسي، مما يتيح توليد ما يناهز ٧٠٠ ألف من ذكور الذباب أسبوعياً، أي ما يكفي لمعالجة مناطق تتراوح مساحتها بين ٤٥٠٠ و٧٥٠٠ كلم مربع. وفي كاليتي، شهد حجم مستعمرة ذباب تسي تسي تزايداً مطّرداً، ولكن ما زال من الضروري تحقيق زيادة ملموسة بغية بلوغ عدد ذباب تسي تسي المطلوب لاستهلال المرحلة التشغيلية من تقنية الحشرة العقيمة. وفي أيار/مايو ٢٠٠٧، تم بنجاح إطلاق أول مجموعات اختبارية من ذكور ذباب تسي تسي العقيمة لتقييم أداء الذباب العقيم في الميدان، وقد أظهرت هذه الاختبارات أن الذباب تمكن من البقاء على قيد الحياة وانتشر وفقاً لما هو مطلوب في سبيل تنفيذ برنامج الاستئصال مستقبلاً.

إنشاء مركز لتربية ذباب التسي تسي وتشعيعه في كاليتي، أديس أبابا، إثيوبيا

٨٨- وتم أخيراً الانتهاء من صياغة الإجراءات التشغيلية المعيارية التابعة لمنظمة الأغذية والزراعة والوكالة الدولية للطاقة الذرية فيما يخص التربية المكثفة لذباب تسي تسي. وتشكل هذه الإجراءات مساهمة هامة في تطبيق تقنية الحشرة العقيمة لمكافحة ذباب تسي تسي، إذ أنها تشكل أول جهد شامل لتجميع جميع الإجراءات التي تنطوي عليها أعمال استحداث المستعمرة، والتربية المكثفة، وجمع الدم ومعالجته وتخزينه، ومراقبة جودة الذباب العقيم.

هاء-٤-٢- استخدام تقنية الحشرة العقيمة لمكافحة ذباب الفاكهة

٨٩- إن ذبابة الفاكهة المتوسطية "*سيراتيتيس كابيتاتا*" هي إحدى أهم الحشرات التي تؤثر في التجارة الدولية للمنتجات الزراعية. وبغية التغلب على الحواجز التي تعيق تصدير الحمضيات الطازجة، تقوم إسبانيا بتطبيق تقنية الحشرة العقيمة في منطقة فالنسيا، التي تنتج ٨٠% من صادرات البلد من الحمضيات. وقد تم مؤخراً، في نيسان/أبريل، تدشين ثاني أكبر مرفق في العالم لإنتاج الذباب المتوسطي بشكل مكثف، في فالنسيا بإسبانيا. ويمثل هذا المرفق، وهو أول مرفق أوروبي لإنتاج الحشرات على نطاق واسع، خطوة استراتيجية نحو الأمام في مجال

الإدارة المتكاملة للآفات على نطاق واسع للمجتمع الزراعي في فالنسيا. ويتسم المصنع بالقدرة على إنتاج ما يتراوح بين ٥٠٠ مليون و٦٠٠ مليون من ذكور ذباب الفاكهة المتوسطي العقيمة أسبوعياً، وهو يمهد الطريق أمام إسبانيا لتتمكن من القضاء على مستعمرات ذباب الفاكهة المتوسطي بشكل أقل ضرراً على البيئة. وبفضل هذا الاستثمار، ستتمكن صناعة الفاكهة في فالنسيا من تقليص كميات مبيدات الحشرات المستخدمة والتمكن من اكتساب أسواق جديدة لتصدير منتجاتها إليها.

مرفق التربية المكثفة لذباب الفاكهة المتوسطي الذي تم تدشينه حديثاً في فالنسيا بإسبانيا

هاء-٤-٣- استخدام تقنية الحشرة العقيمة لمكافحة الديدان

٩٠- في سيتروسدال، وهو وادٍ يقع على مقربة من إقليم الرأس الغربي بجنوب إفريقيا، حيث يستخدم ما يقارب ٦٠٠٠ هكتار من الأراضي لإنتاج الحمضيات للتصدير، يجري تنفيذ مشروع تجريبي لمكافحة دودة التفاح الكاذبة "ثاوماتوتيبيا لوكوستريتا" بالتعاون مع كل من منظمة الأغذية والزراعة والوكالة الدولية للطاقة الذرية. وهذه الآفة هي أخطر الآفات التي تعاني منها زراعة الحمضيات في جنوب أفريقيا. فمن الصعب مكافحة الدودة نظراً لقدرتها على مقاومة مفعول المبيدات، وهي تضع حاجزاً دولياً أساسياً يمنع تصدير الحمضيات. وبفضل النتائج الإيجابية التي تم تحقيقها، قررت صناعة الحمضيات حل المشكلة عن طريق البدء باستخدام تقنية الحشرة العقيمة، والتزمت باستهلال برنامج تجاري قائم على هذه التقنية في المستقبل القريب. ويتم النظر في احتمال استخدام النظائر المستقرة كأداة بحوث إضافية تتيح فهم العمليات الإيكولوجية الخاصة بالآفات الحشرية العابرة للحدود مثل الجراد الصحراوي، وذلك بغية التوصل إلى فهم أفضل لسلوك الحشرات. ومن شأن تحسين فهم الخواص البيولوجية والإيكولوجية لهذا النوع من الآفات المهاجرة أن يسهم، بنهاية المطاف، في إرساء استراتيجيات أكثر فعالية لمكافحتها.

هاء-٥- تشعيع الأغذية

٩١- تبلغ الخسائر الغذائية نتيجة للآفات والتلوّث والتلف مستويات هائلة. فمن المقدّر أن ٤٢% من إنتاج أكبر ثمانية محاصيل مولّدة للأغذية والعوائد النقدية في العالم يتعرض للفقدان بسبب الآفات، مع فقدان نسبة ١٠% إضافية بعد الحصاد. وعلى الرغم من استخدام نظم حديثة لمعالجة الأغذية وتوزيعها، فإن الأمراض المنقولة بواسطة الغذاء تتسبب أيضاً في نشوء خطر واسع النطاق يحدق بالصحة البشرية، فضلاً عن كونها

تشكل عاملاً هاماً من عوامل تخفيض الإنتاجية الاقتصادية في جميع البلدان. لذا فإن ضمان أمان الأغذية والسلع الزراعية وجودتها يمثل أحد الأبعاد الجوهرية للاستجابات الوطنية الهادفة إلى معالجة التحدي المزدوج المتمثل في التوسع العمراني وتحسين الصحة العامة.

٩٢- ويشكل تشعيع الأغذية أداة قيّمة تتيح التصدّي لمسألة تخفيض الخسائر الناتجة عن تلف الأغذية وتعقنها، ولمكافحة الميكروبات وغيرها من الكائنات التي تسبب الأمراض المنقولة بواسطة الأغذية، وللوفاء بالمتطلبات الصحية والنباتية الصحية[١٢]. وإضافة إلى مواصلة استخدام التشعيع للأغراض الصحية، شهد استخدام التشعيع في تطبيقات الصحة النباتية ازدياداً، ولاسيما في التطبيقات المتصلة بتدابير الحجر الصحي. وقد وضعت المعايير ومدوّنات السلوك الدولية لتشجيع تطبيق تكنولوجيا معالجة الأغذية هذه بالتعاون مع لجنة الدستور الدولي للأغذية المشتركة بين منظمة الأغذية والزراعة ومنظمة الصحة العالمية، ومع الاتفاقية الدولية لوقاية النباتات.

واو- الصحة البشرية

واو-١- النهج الفردي بشأن علاج السرطان من خلال الطبّ النووي

٩٣- يتطلّب النجاح في علاج السرطان فهماً شمولياً يغطي التفاعلات المعقّدة فيما بين مختلف العوامل التي تؤدّي إلى نمو السرطان. وفهم الصفات المميِّزة للسرطان في الأفراد عند مستوى الخلايا والصفات الوراثية والجزيئات هو العامل الرئيسي الذي يتيح وصف علاجات محدّدة للمرضى بما يكفل فرص شفائهم بنسب أعلى بكثير مما توفّره علاجات أخرى. وأفضى التصوير الجزيئي في مجال الطبّ النووي من خلال التصوير المقطعي بالانبعاث البوزيتروني إلى أعادة تحديد النهج الطبي بشأن علاج مرضى السرطان وتحديثه. وربما كان تصنيف نوع من أنواع السرطان بالاستناد إلى موضعه في التركيب البِنْيَوي فقط هو سبب من الأسباب التي تجعل المرضى الذين يُظنّ أنهم مصابون بأنواع متماثلة من السرطان يستجيبون للعلاج بطرائق مختلفة اختلافاً جذرياً. وتتوافر في الوقت الحاضر أدوات تفضي إلى فهم الأسباب الجزيئية التي تؤدّي إلى إمكانية اختلاف الاستجابات لدى المرضى إلى هذا الحدّ. وتجري ترجمة هذا الفهم من خلال اختيار أنواع من الحِمْيَات العلاجية على نحو ملائم للمرضى. واكتُشِف أن أنواعاً من السرطان التي تصيب أجزاء متباعدة من الجسم ربما كانت أكثر تشابهاً من تشابه نوعين من الأورام ينشآن في نفس العضو، ويتوقّف ذلك على أنواع الطفرات المسبّبة للسرطان التي تلوذ بتلك الأجزاء. ويمكن أيضاً تسخير تفاصيل المعرفة بالعمليات المسبّبة للأمراض – التي يتيحها التصوير المقطعي بالانبعاث البوزيتروني – لترشيد تصميم العقاقير بما يفضي إلى توفير علاج مستهدف.

٩٤- وفي مجال علاج السرطان، أخذ اختصاصيو الدمَويّات، وأطباء الأطفال، والمختصّون في علاج الأورام، في استكشاف نُهُجْ علاج ذات عناصر متحّدة تطبّق العلاج الكيميائي، وعوامل تعديل المناعة أو عوامل تعديل إشارات التحويل الجيني في الخلايا بالاقتران مع جزئيات مستهدفة تتجّه للأورام (مثل البتيدات أو مضادات الأجسام أو النيوكليوتيدات) من أجل تحسين فرص شفاء مرضى السرطان. ولنُهُجْ العلاج الإشعاعي

---

١٢ تتوافر على الموقع GovAtom معلومات إضافية ضمن الوثائق ذات الصلة بوثيقة *استعراض التكنولوجيا النووية لعام ٢٠٠٨*.

المستهدف المُعزّز باستخدام النظائر مزايا متعدّدة في علاج كل من السرطانات الجامدة الموضعية أو المنتشرة والأمراض الخبيثة المنتقلة عن طريق الدم.

واو-٢- العلاج الإشعاعي للأورام

٩٥- مكّنت أوجه التقدّم التكنولوجي في سبل تخطيط العلاج وإيصال الإشعاعات من اعتماد استراتيجيات لتشعيع الأورام باستخدام نهج علاجي إشعاعي ممتثل ثلاثي الأبعاد (3D-CRT) بل حتى استخدام تقنيات شديدة الامتثال مثل العلاج بالأشعّة المجسّمة (SRT) أو العلاج الإشعاعي المعدّل الكثافة (IMRT). فالعلاج الممتثل يصف العلاج الإشعاعي الذي يحدث جرعة قويّة يتّخذ حجمها شكلاً "ممتثلاً" بإحكام للحجم المنشود المستهدف مع التقليل إلى أدنى حدّ ممكن من مساس الجرعة المعطاة بالأنسجة العادية الحرجة. وأفضى الأخذ بأكثر التقنيات تقدّماً مثل العلاج بالأشعّة المجسّمة والعلاج الإشعاعي المعدّل الكثافة، بالإضافة إلى العلاج الإشعاعي الموجّه تصويرياً (IGRT)، والعلاج الإشعاعي عبر مداخل الجهاز التنفّسي (RGRT)، إلى فهم أهمية الهوامش وحركات الأعضاء على نحو أفضل. يُضاف إلى ذلك أن إدخال المعلومات المستمّدة من تصوير وظائف الأعضاء في صلب عملية تخطيط العلاج كان أحد أهم أوجه التقدّم في مجال العلاج الإشعاعي في السنوات الأخيرة. فعلى سبيل المثال، إن استخدام الفحص القائم على التصوير المقطعي بالانبعاث البوزيتروني المقترن بالفحص التقليدي القائم على التصوير المقطعي الحاسوبي ينتج صوراً تتضمّن واسمات بيولوجية/أيضية مدمجة قد تتيح تصميم مجالات العلاج الإشعاعي والجرعات على نحو أكثر ملاءمة لفرادى المرضى وتحقيق نتائج أفضل في مجال العلاج.

٩٦- أما الحماسة التي تُبدى تجاه هذه التكنولوجيا فهي ناشئة من الفرضية التي تقول إن إدخال مزيد من التحسينات على حصر الأورام الموضعية، وزيادة دقّة تحديد عمليات توزيع الجرعات، وتحقيق قدر أكبر من الطابع الفردي للوصفات الخاصة بالجرعات، سيحسّن المستويات الراهنة لنتائج العلاج بفعل انخفاض معدّلات السمّية أو تحقيق قدر أكبر من المراقبة الموضعية للأورام عبر استراتيجيات تصعيد الجرعات. وتجري حالياً دراسة تلك النُهُجْ بهمّة على النطاق العالمي.

٩٧- والجوانب التعليمية ذات أهمية بالغة في توسيع نطاق تطبيق التكنولوجيات الجديدة. فمن شأن التعليم "الافتراضي" القائم على الإنترنت أن يساعد على خفض إجمالي التكاليف في هذا الصدد وأن يمكّن من تسريع تنفيذ تلك التكنولوجيات في الممارسات الإكلينيكية اليومية. وفي الوقت نفسه، ثمة جهود عالمية تُبذل غرضها رفع مستوى تعليم الفيزيائيين الطبيين الذي يدعمون تكنولوجيات العلاج الجديدة المذكورة. والعمل جار على إنشاء منظمات في بلدان عديدة مهمّتها تحديد كفاءات الفيزيائيين الطبيين واعتماد البرامج التدريبية التخصّصية الإكلينيكية الخاصة بهم.

٩٨- وبالإضافة إلى الإنجازات التي شهدها مجال العلاج الإشعاعي باستخدام الحزم الإشعاعية الخارجية، قد يتيح التطوّر الحديث في مصادر الكوبالت-٦٠ المتّسمة بمعدلات جرعات قوية إجراء عمليات تشعيع داخلي حديثة قائمة على معدلات جرعات قوية تُستبدل فيها المصادر اللازمة على نحو أقلّ تواتراً من استبدال غيرها من المصادر. ومن المفترض أن يمكّن ذلك من زيادة فعّالية تكلفة العلاج الإشعاعي ومن تحسين إمكانية حصول المرضى على العلاج. وفيما يتعلق بالعلاجات المتعدّدة الطرائق، أجريت تجارب إكلينيكية عدّة عالية الجودة أكّدت من جديد أن إضافة عوامل صيدلانية إلى العلاج الإشعاعي من شأنها أن تحسّن فرص بقاء المرضى على قيد الحياة في عديد من الحالات السرطانية الشائعة.

واو-٣- التغذية

٩٩- شدّد البنك الدولي من جديد، في الآونة الأخيرة، على الدور المركزي الذي تضطلع به التغذية في مجال التنمية، وذلك في منشوره المعنون *إعادة تحديد موقع التغذية كعنصر مركزي في مجال التنمية؛ استراتيجية تتوخّى إجراءات واسعة النطاق*[١٣]. وتتجلّى أهمية الاستثمار في مجال التغذية في تنامي الوعي على الصعيد الدولي بأن خطر سوء التغذية سيحول دون تمكّن عديد من الدول من تحقيق الأهداف الإنمائية للألفية وفي تكاثر الأدلّة على وجود حلول لمشكلة سوء التغذية. وتم خلال توافق الآراء في كوبنهاغن[١٤] تسليط الضوء على الاستثمارات الاقتصادية الممتازة التي تتّسم بها التدخّلات التغذوية في مكافحة سوء التغذية. ووفقاً لتوافق الآراء هذا، فإنّ عائدات الاستثمار في البرامج الرامية إلى مكافحة الأمراض المعدية، مثل فيروس نقص المناعة البشري/الإيدز والملاريا ومكافحة سوء التغذية، تمثّل ستة من أعلى التدخّلات المقترحة البالغ عددها اثنا عشر تدخّلاً.

١٠٠- وترسّخ دور التقنيات النووية في مجال وضع وتقييم التدخّلات التغذوية، إذ أن دولاً أعضاء عديدة تنتفع في الوقت الحاضر من حصولها المتزايد على قدرات نووية تكفل لها استخدام تقنيات النظائر المستقرّة في مجال التغذية[١٥]. وتشير الاتّجاهات الحديثة إلى تزايد استخدام تقنيات النظائر المستقرّة لمعالجة مجالات ذات أولوية مثل التغذية وفيروس نقص المناعة البشري/الإيدز، وتغذية الأطفال الرضّع والصغار، وأوجه القصور في المغذيات الدقيقة. فعلى سبيل المثال، إن استخدام تقنية نظائر مستقرّة، من أجل رصد التغيّرات التي تحدث في تكوين الجسم (الكتلة الدهنية مقارنة بالكتلة العضلية في الجسم) أثناء التدخّلات التغذوية يمكن أن يساهم بمعلومات ذات أهمية في تحقيق المستوى الأمثل لأوجه الرعاية والعلاج والدعم للمصابين بفيروس نقص المناعة البشري/الإيدز وهو مجدٍ على وجه الخصوص في سياق الحصول المتزايد على العلاج المضاد للفيروسات الرجعية. في البيئات الفقيرة الموارد.

١٠١- وبالإضافة إلى ذلك، يجري استخدام تقنيات النظائر المستقرّة في عدّة بلدان لتقدير مدى امتصاص اللبن البشري داخلياً لدى الرضّع الذين يتغذون بالرضاعة ولتقدير ميعاد بدئهم بتناول أنواع أخرى من الأغذية والسوائل. ولذا، يمكن استخدامها في رصد التدخّلات الرامية إلى تعزيز الرضاعة الخالصة لمدة ستة أشهر، يليها البدء بتناول أغذية تكميلية ملائمة إلى جانب الاستمرار في الرضاعة، حسبما أوصت منظمة الصحة العالمية.

١٠٢- ويجري في الوقت الراهن أيضاً استخدام تقنيات النظائر المستقرّة في وضع وتقييم استراتيجيات لمكافحة أوجه النقص في المغذيات الدقيقة. فعلى سبيل المثال، يمكن استخدام تقنيات النظائر المستقرّة لتقييم الوفرة البيولوجية من الحديد في مختلف المركّبات كخطوة أولى في سبيل وضع استراتيجية لتدعيم الأغذية ومن أجل رصد التغيّرات في حالة فيتامين "ألف" لدى الأفراد الذي ينتفعون من الفيتامين "ألف" بواسطة التدعيم والتكميل الغذائيين.

---

١٣ الموقع الشبكي:
http://siteresources.worldbank.org/NUTRITION/Resources/281846-1131636806329/NutritionStrategy.pdf

١٤ الموقع الشبكي: http://www.copenhagenconsensus.com/

١٥ تتوافر على الموقع GovAtom معلومات إضافية ضمن الوثائق ذات الصلة بوثيقة *استعراض التكنولوجيا النووية لعام ٢٠٠٨*.

زاي- البيئة

زاي-١- تحسين عملية كشف النويدات المشعّة لأغراض تقييم البيئة البرّية

١٠٣- للتنظير الطيفي الجيمي الميداني تطبيقات متعدّدة، بما في ذلك تقدير مدى النشاط الإشعاعي في أنواع التربة السطحية، وتقييم مجالات الإشعاعات الجيمية (وبالتالي معدّلات الجرعات)، وتحديد أماكن المصادر اليتيمة. وفي حالة وقوع حادث نووي ينطوي على توزّع النويدات المشعّة الاصطناعية على نطاق واسع في البيئة، تشكّل القياسات الجوية أداة مهمّة في التحديد السريع والواسع النطاق لمدى تلوّث التربة بنويدات بعينها. ومن الشائع استخدام الكواشف القائمة على بلّورات يوديد الصوديوم أو بلّورات الجرمانيوم العالية النقاوة. وتتّسم بلّورات العنصر الأول بمزيّتيْ المتانة والكفاءة العالية في الكشف، إلا أن عيبها هو عدم توافر القدرة على استبانة النشاط الإشعاعي الضعيف الطاقة. والكواشف المذكورة تُستخدم بشكل روتيني في مسح المناطق الشاسعة نسبياً، وهي تُستخدم – على سبيل المثال – مقترنة بنظم محمولة جواً أو مركّبة على مركبات، وفي تقييم أنشطة النويدات المشعّة الطبيعية في ظلّ ظروف ميدانية عسيرة ومن ذلك – على سبيل المثال – في مواقع تعدين اليورانيوم. وأفضى استخدام النظام العالمي لتحديد المواقع (GPS) بشأن توفير بيانات دقيقة عن الأماكن، إلى جانب التطوّرات في تقنيات تحليل البيانات، إلى إدخال تحسينات ذات شأن على تحليل البيانات التي وفّرتها عمليات المسح تلك في الأعوام الأخيرة.

١٠٤- ويشيع استخدام الكواشف القائمة على الجرمانيوم عندما يكون مهمّاً تحديد فرادى النويدات المشعّة. وكان معنى التحسينات التي تم إدخالها على إنتاج بلّورات الجرمانيوم العالية النقاوة في الأعوام الأخيرة هو أنه أصبح ممكناً في الوقت الحاضر إنتاج بلّورات أكبر مما كانت عليه سابقاً، وهو ما أفضى إلى تحسين أوجه الكفاءة في عمليات الكشف. بيد أنه يلزم تبريد الكاشف باستخدام سائل النتروجين، ويظلّ ذلك يشكّل صعوبة على الصعيد العملي عندما تُستخدم تلك الكواشف ميدانياً.

زاي-٢- جودة نتائج القياسات

١٠٥- تُستخدم القياسات الفيزيائية والكيميائية (بما في ذلك التقنيات التحليلية النووية) من أجل تقدير عنصري الجودة والملاءمة لأغراض السلع التي يتُاجر بها. ويلزم أن تكون جودة نتائج القياسات مؤكّدة وظاهرة بوضوح من أجل ضمان قبولها في إطار عملية صنع القرار ذات الصلة. ومن بين العوامل التي تساهم في توكيد الجودة إجراء قياسات ملائمة خاصة بالبنى الأساسية (تشارك فيها معاهد وطنية خاصة بعلم القياس ويتوافر لديها ما يلزم من معايير خاصة بالمعايرة) فضلاً عن توافر أدوات مراقبة الجودة من قبيل المواد المرجعية[١٦].

---

١٦ تتوافر على الموقع GovAtom معلومات إضافية ضمن الوثائق ذات الصلة بوثيقة *استعراض التكنولوجيا النووية لعام ٢٠٠٨*.

زاي-٣- تطبيق التكنولوجيات النووية في مجال استدامة البيئة البرّية

زاي-٣-١- توسيع نطاق تطبيقات القياس الإشعاعي في مجال أمان الأغذية البحرية

١٠٦- يحدث التسمّم عن طريق سمك السيغواتيرا نتيجة لتناول أسماك تتكاثر في صخور مدارية قرب سطح الماء، تتراكم فيها التكسينات الناتجة عن الأشنات الضارّة. وتلك التكسينات، التي يمكن قياسها باستخدام القياس الإشعاعي، يمكن أن تُحْدِث اضطرابات خطيرة مَعِدية-معوية وعصبية وفي أوعية القلب. وفيما مضي، كان تسمّم الناس عن طريق سمك السيغواتيرا مقتصراً على المجتمعات الجزرية المدارية، إلا أنه مع تزايد التجارة في الأغذية البحرية، وتزايد استهلاك الأغذية البحرية على النطاق العالمي، وتنامي السياحة الدولية، اتّسع نطاق الفئات السكانية المعرّضة للأخطار فأصبح عالمياً. ويتفاوت تعداد حالات تفشّي التسمّم عن طريق سمك السيغواتيرا في المناطق المدارية بين ١٠ ٠٠٠ و٥٠ ٠٠٠ حالة سنوياً. ويجري حالياً استخدام تقنية قياس إشعاعي في جزر بولينيزيا الفرنسية لتكمية السيكواتوكسين في الأغذية البحرية، بما في ذلك الأنواع العملاقة من البطلينوس والأسماك، ولدراسة انتقال هذا السيكواتوكسين عبر السلاسل الغذائية البحرية المدارية. ومن أجل معالجة هذا القلق المتزايد، استهلت الوكالة مشروعاً بحثياً منسّقاً حول استخدام تكنولوجيا القياس الإشعاعي لتكمية السيكواتوكسين، سيُستكمل أيضاً بمساعدة تُقدّم إلى الدول الأعضاء من خلال مشاريع التعاون التقني.

زاي-٣-٢- تغيّر المناخ وتَحمُّض المحيطات

١٠٧- تتزايد مستويات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي بسبب احتراق الوقود الأحفوري (النفط، والغاز، والفحم) والتصحّر. ومع ذلك، فإنّ مستويات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي ستكون أكثر ارتفاعاً لولا الدور الذي تؤدّيه المحيطات التي تمتصّ نحو ثلث ثاني أكسيد الكربون البشري المنشأ. ونتيجة لذلك، تتزايد أيضاً مستويات ثاني أكسيد الكربون في المحيطات، ونظراً لأن ثاني أكسيد الكربون حامض، فإن الرقم الهيدروجيني في المحيطات يشهد انخفاضاً. ويُرجّح أن يؤدّي "تحمّض المحيطات" هذا إلى التأثير سلباً على عديد من الكائنات الحية البحرية، لا سيما المرجانيات وبناة الأصداف، مثل المحار والرخويات وبلح البحر، وقد يؤثّر على الشبكات الغذائية البحرية برمّتها، فيؤثّر بالتالي على طبيعة التنوّع البيولوجي والمستنبتات المائية. وكانت الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ قد سلّطت الضوء، في الآونة الأخيرة، على أن ذلك يشكّل فجوة معرفية ذات تأثير بالغ[١٧].

١٠٨- وتحمّض المحيطات قد يؤثّر أيضاً على قابلية الانحلال في الملوّثات، مثل المعادن الثقيلة، وهو ما يؤثّر بالتالي في أمان الأغذية البحرية. وتُستخدم النظائر البحرية، مثل النظائر الخاصة بالبورون، لتحديد التغيّرات السابقة في الرقم الهيدروجيني في المحيطات وكيفية اختلافها عن الاضطرابات الحالية التي تحدث بفعل الإنسان. وأتاح نظير آخر، هو الكالسيوم-٤٥، أداة رئيسية لقياس معدّلات التكلّس في المرجانيات التي سلسلة توفر صخورها القريبة من سطح الماء موئلاً للأسماك وأرضيات صالحة لتكاثرها، وخط دفاع يواجه العواصف والتآكل، والأساس لصناعة سياحية تبلغ قيمتها بلايين متعدّدة من الدولارات. وتقوم الوكالة حالياً بمساعدة الدول الأعضاء على استخدام الدراسات النظيرية والنماذج العددية بما يكفل فهم وتوقّع الكيفية التي سيؤدي بها تحمّض المحيطات إلى تغير الموارد البحرية. فعلى سبيل المثال، يجري العمل على دراسات إيكولوجية إشعاعية تطبيقية تتناول المستويات المُتوقّعة لارتفاع معدّلات ثاني أكسيد الكربون ولانخفاض الرقم

---

١٧ الموقع الشبكي http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/Report/AR4WG1_Print_SPM.pdf.

الهيدروجيني، باستخدام الكالسيوم-٤٥ وغيره من النظائر، بما يساعد على حلّ الألغاز التي تكتنف الآثار المترتّبة على تحمّض المحيطات فيما يخص الكائنات الحية المهمّة من الناحية التجارية مثل يرقات الأسماك وبلح البحر.

مرفق جديد في مختبر الإيكولوجيا الإشعاعية التابع للوكالة في موناكو لتقييم الآثار المترتّبة على تحمّض المحيطات فيما يخص يرقات الأسماك التجارية

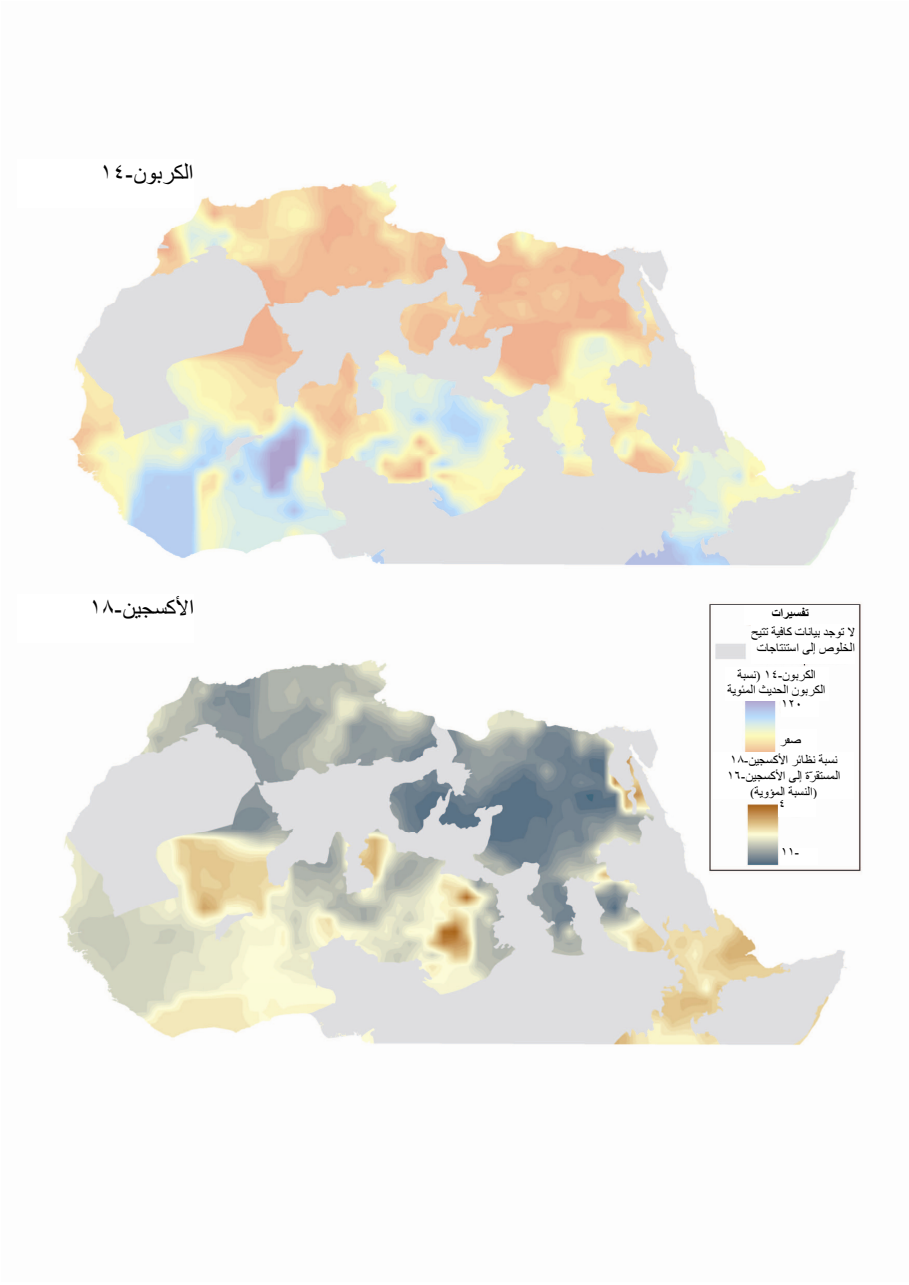
حاء- الموارد المائيّة

١٠٩- تلبّي موارد المياه الجوفية أكثر من نصف الطلب العالمي على المياه العذبة. وتشكّل هذه النسبة مستوى مرتفعاً تصل نسبته إلى ٩٠% في البلدان الشحيحة المياه ذات المناطق المناخية القاحلة أو شبه القاحلة، وفي البلدان النامية التي لديها زراعة واسعة النطاق قائمة على الريّ. بل إن ما يلوح في الأفق من تأثيرات مترتّبة على تغيّر المناخ تنسحب على توافر المياه العذبة يجعل المياه الجوفية مورداً ذا تأثير أبلغ يتطلّب استخدامه التحلّي بالحكمة. ولا بد من إجراء عمليات مراقبة على امتداد أعوام عديدة من أجل تقييم وإدارة مستجمعات المياه الجوفية التي تُستخدم في تنمية موارد المياه الجوفية. فهذه المعلومات شحيحة في معظم أنحاء العالم. وتوفّر البيانات النظيرية نافذة تتيح الإطلال على مضمون نظم المياه الجوفية الطبيعية فضلاً عن توفيرها مجموعة معلومات متكاملة تضم عناصر زمانية ومكانية حول تأديتها لوظائفها، بما يمكّن من تقييم وإدارة المياه الجوفية دونما حاجة إلى قدر كبير من الاستثمارات من حيث الوقت والموارد.

١١٠- وإدراكاً لأهمية تطبيق البيانات النظيرية، يعكف عدد من البلدان على اتّخاذ خطوات تتوخّى توسيع نطاق توافر البيانات النظيرية على نطاق وطني. وتقوم الوكالة حالياً بإنتاج سلسلة أطالس إلى جانب إعداد توليفة من البيانات النظيرية التي تم جمعها من أنشطة تقديم المساعدة التقنية المتصلة بالمياه الجوفية في الدول الأعضاء على امتداد الأعوام الخمسين الماضية. ومعظم تلك البيانات النظيرية الخاصة بالمياه الجوفية غير مُتاح بسهولة حتى الآن.

١١١- ويركّز الأطلس الأول على أفريقيا وهو يتضمّن بيانات مستقاة من أكثر من ١٠ ٠٠٠ عيّنة نظيرية. وكما يتضّح في الشكل الظاهر أدناه، تبيّن البيانات النظيرية بوضوح مدى المياه الجوفية القديمة – غير

المتجدّدة في الوقت الحاضر والتي تجاوزت أعمارها أكثر من نحو ١٠ ٠٠٠ عام – في منطقة أفريقيا الشمالية. وتشير القيم المنخفضة (الأكثر سلبية) للعلاقات النسبية بين نظائر الأكسجين-١٨ المستقرة والأكسجين-١٦ إلى أن تجدّد المياه في أجزاء عديدة من أفريقيا الشمالية كان يحدث بصورة أساسية في ظلّ ظروف مناخية أبرد مما هو قائم في الوقت الحاضر. وتُوجد هذه المياه الجوفية في نظم تضم مستجمعات مياه جوفية رئيسية عابرة للحدود مثل مستجمع المياه الجوفي النوبي القائم بين مصر والجماهيرية العربية الليبية وتشاد والسودان؛ وتُعد إدارتها المشتركة ذات تأثير حاسم على التنمية البشرية في المنطقة المُشار إليها.



الشكل حاء-١ - محتويات المياه الجوفية في أفريقيا الشمالية من الكربون-١٤ والأكسجين-١٨؛ بيانات مستقاة من أطلس الوكالة عن الهيدرولوجيا النظيرية المنشور حديثاً. وتبيّن قيم الكربون-١٤ المنخفضة مدى تجدّد المياه الجوفية "القديمة جداً" في ظلّ ظروف مناخية أرطب منذ آلاف السنين.

طاء- التكنولوجيا الإشعاعية

طاء-١- إنتاج النظائر المشعّة

١١٢- إن توافر إمدادات يُعوّل عليها من النظائر المشعّة الراسخة الأسس بما يلزم من أجل استدامة التطبيقات الطبية والصناعية، فضلاً عن استحداث منتجات جديدة تلبّي المتطلبات الناشئة، يظلّ يجتذب اهتماماً عالمياً واسعاً. وتنخرط بهمّة في هذا المجال – بالإضافة إلى قطاع الصناعة – عدّة مراكز وطنية في الدول الأعضاء. وما زال نصيب التكنتيوم-٩٩ شبه المستقر والفلورين-١٨ في التصوير التشخيصي باقياً عند مستوى نسبته نحو ٨٠% و١٠%، على التوالي، فيما أجري من إجراءات تراوحت بين قرابة ٢٥ و٣٠ مليون إجراء في عام ٢٠٠٦. وفي حالة المنتجات اللازمة للعلاج القائم على النويدات المشعّة، يتمثّل تطوّران ملحوظان في عام ٢٠٠٧ في تزايد الإقبال على اللِتشيوم-١٧٧ الذي يمكن إنتاجه على نحو أيسر وأوسع وفي استحداث نظام مبتكر لتوليد اليتريوم-٩٠ يقوم على الفصل الكهربائي-الكيميائي عن السترُنشيُوم-٩٠. وشهد عام ٢٠٠٧ تطوّراً آخر مهماً وهو بروز الاهتمام بإنشاء مرافق جديدة لإنتاج الموليبدنوم-٩٩ باستخدام كبسولات مستهدفة من اليورانيوم الشديد الإثراء في بعض الدول الأعضاء، في حين من المقرّر أن تبدأ في أستراليا، في نيسان/ابريل ٢٠٠٨، عمليات إنتاج على نطاق كبير تتم بصورة منتظمة في هذا الصدد. وعقد اجتماع هام لجميع أصحاب المصلحة المعنيين حالياً بإنتاج هذا النظير المشع في سيدني بأستراليا، في كانون الأول/ديسمبر ٢٠٠٧، وقد نظم هذا الاجتماع بالاشتراك مع إدارة الأمن النووي الوطنية التابعة لوزارة الطاقة الأمريكية والمنظمة الأسترالية للعلم والتكنولوجيا النوويين. ويحدّد التقرير المنبثق عن الاجتماع جميع الجوانب التي ينبغي التصدّي لها بالإضافة إلى الدعم الضروري لتيسير استخدام تكنولوجيا أهداف اليورانيوم الضعيف الإثراء من دون التأثير على إمدادات الموليبدينوم-٩٩، وبالتالي خفض الاعتماد على اليورانيوم الشديد الإثراء في إنتاج هذا النظير المشع على نطاق واسع. وفي أستراليا، من المتوقع أن يبدأ في عام ٢٠٠٨ الإنتاج المنتظم للموليبدينوم-٩٩ على نطاق واسع باستخدام أهداف اليورانيوم الضعيف الإثراء.

طاء-٢- البوليمرات الطبيعية

١١٣- تُوجد البوليمرات الطبيعية في أشكال عديدة، وكثير منها قابل للتطويع لأغراض المعالجة الإشعاعية بهدف إنتاج منتجات قيّمة (انظر الشكل طاء-١). وتتضمّن هذه البوليمرات الطبيعية النشاء (الموجود في البطاطا والذرة)، والسلولوز (الموجود في النباتات والأشجار)، والكيتين (الموجود في القريدس والسلطعون والكَرْكَنْد)، والألجينات (الموجودة في الأشنات)، والبوليبتيدات مثل الحرير والقَرَتِيْن والشعر. وهذه البوليمرات غير سميّة وقابلة للتحلّل البيولوجي ويمكن جنيها بتكلفة منخفضة. وتتيح المعالجة الإشعاعية أسلوباً نظيفاً وخالياً من الإضافات يكفل إعداد مواد جديدة ذات قيمة مضافة تقوم على هذه البوليمرات الطبيعية. فالمنتجات المشتقة من الكيتين، على سبيل المثال، يمكن استخدامها كضمادات جروح من الهلام المائي، والحصير الحامي من التقرّحات الناتجة عن ملازمة الفراش، وأقنعة التجميل المُطهّرَة، وأجهزة إيصال العقاقير إلى المواضع المعالجة، والمواد المازّة للملوّثات مثل الأيونات المعدنية، والأصباغ، والبروتينات، والجسيمات الصلبة، وغير ذلك. وأظهرت المنتجات ذات الوزن الجزيئي المنخفض خصائص مضادة للجراثيم، ومقاومة للتأكسد، ومعزّزة لنمو النباتات.

١١٤- وأخذت تبرز المعالجة الإشعاعية للبوليمرات الطبيعية بوصفها مجالاً واعداً يمكن من خلاله استغلال الخصائص التي تنفرد بها المواد البوليميرية لأغراض التطبيقات العملية في مجالات الطبّ، ومواد التجميل، والزراعة، والتكنولوجيا البيولوجية، وحماية البيئة.

الشكل طاء-١ - المعالجة الإشعاعية للبوليمرات الطبيعية

طاء-٣- الملوّثات البيولوجية الخطرة

١١٥- إن استخدام الإشعاعات المؤيِّنة في شلّ نشاط الميكروبات يشكّل تكنولوجيا راسخة في مجالات المعالجة الصحية للأغذية، والتعقيم الإشعاعي للمنتجات الطبية والأنسجة البيولوجية، فضلاً عن استخدامها، على نطاق أوسع، في معالجة حمأة مياه المجاري. وفي الآونة الأخيرة جداً، تجلّى استخدام تكنولوجيا الإشعاعات في الحدّ من التهديد الناتج عن الملوّثات البيولوجية مثل دسّ الجمرة الخبيثة في المواد البريدية. وأظهرت تلك النتائج جدوى استخدام الإشعاعات المؤيِّنة في التصدّي لتهديدات مثل نشر الملوّثات البيولوجية على نحو مُتعمّد[١٨]. وتكمن المزايا الرئيسية لاستخدام تكنولوجيا الإشعاعات مقارنةً بأساليب أخرى في قدرتها على معالجة مواد يتراوح نطاقها بين صغير وكبير جداً وفي أن إيصال الجرعة المطلوبة إلى الجسم المستهدف/المنطقة المستهدفة هو البارامتر الوحيد الذي تلزم مراقبته. وتشير النتائج التي أبلغ عنها حتى الآن إلى ضرورة تناول بعض الجوانب الإضافية في سياق تطوير هذا الاستخدام لاحقاً، فيما يتعلق – على سبيل المثال – بمناولة ومعالجة المنتجات المُلوَّثة والتدريب على العمليات الميدانية.

---

١٨ إي.ك. نوجي، "الإرهاب البيولوجي: تهديد عالمي 'جديد' للصحة البيئية،" تغيّر المناخ والصحة البشرية، المجلّد ٢، العدد ١، عام ٢٠٠١، الصفحات من ٤٦ إلى ٥٣.

طاء-٤- التّتبع المؤتمت الحاسوبي للجسيمات المشعّة

١١٦- أصبحت تقنية تُسمّى التّتبع المؤتمت الحاسوبي للجسيمات المشعّة (CARPT) أسلوباً مُعترفاً به في الوقت الحاضر يُستخدم في دراسة التدفّقات المعقّدة المتعدّدة المراحل (مثل الغازات والسوائل) في الصناعات الكيميائية والنفطية والهندسية-البيولوجية. وتستخدم هذه التقنية إشعاعات جيمية صغيرة تبتعث جسيمات اقتفائية بالكثافة والحجم الدقيقين اللذين يمكنانها من التحرّك بالتزامن مع المرحلة المراد دراستها فضلاً عن استخدامها عدداً من كواشف الإشعاعات الجيمية الموضوعة ببراعة حول المفاعل الكيمائي بما يكفل تتبّع موضع الجسيمات وتتبّع الحركة المرحلية تعاقبياً على نحو يُعوّل عليه.

١١٧- ويتّسم أسلوب التّتبع المذكور بأنه غير اقتحامي ويتيح معرفة السمات الديناميكية للمرحلة المعيّنة موضع الاهتمام. وتساعد البيانات التي يتم الحصول عليها حول نمط التدفّق وسرعته واضطرابه الخ. على أمثَلَة العمليات بالمستوى التجريبي للمحطة وتوفّر تعاقبياً أدلة تفيد في صنع القرارات بشأن التصاميم النهائية للعمليات على النطاق الفعلي للمحطة. وستكون الصناعات البتروكيميائية، التي تستخدم قيعاناً مُسيّلة وأعمدة ذات فقّاعات ومنتجات قائمة على عمليات إحيائية، المستفيد الرئيسي من استخدام تقنية التتّبع المؤتمت الحاسوبي للجسيمات المشعّة.[١٩]

١١٨- ويشكّل خياراً آخر مُحسّناً استخدام مقتفيات تبتعث بوزيترونات لغرض تتبّع الجسيمات. وتتيح هذه التقنية المسمّاة تتبّع الجسيمات الباعثة لبوزيترونات مزيّة إضافية عائدة إلى قدرتها على كشف أشعّة دثر البوزيترونات بالتزامن مع عملية التّتبع، فتفضي إلى دقّة أكبر في تتبّع الجسيمات النزرة حتى وإن كانت في نظم تدفّق عالية السرعة، وهي جسيمات من الشائع مصادفتها في بعض النظم الصناعية. والهدف الإجمالي لتقنية التّتبع المؤتمت الحاسوبي للجسيمات المشعّة وتقنية تتبّع الجسيمات الباعثة لبوزيترونات هو ضمان زيادة كفاءة وفعّالية العمليات الصناعية.[٢٠]

---

١٩ س. بوسارابول، و م.هـ.الدهّان، و م.بي. دودوكوفتش، "رسم خريطة تدفّق الأجسام الصلبة في مواسير فوائض الغازات-الأجسام الصلبة: متوسط مجالات الاحتجاز والسرعة،" تكنولوجيا المساحيق، المجلّد ١٦٣ (العددان ١ و٢)، عام ٢٠٠٦، الصفحات من ٩٨ إلى ١٢٣.

٢٠ س. بقاليس، و بي.و. كوكس، و أ.ب. روسل، و د.ج. باركر، و بي.ج. فراير، "تطوير تقنية تتبّع الجسيمات الباعثة لبوزيترونات واستخدامها في عمليات قياس السرعة في السوائل اللزجة ضمن المعدات المستخدمة على نطاق تجريبي"، العلوم الهندسية الكيميائية، المجلّد ٦١(٦)، عام ٢٠٠٦، الصفحات من ١٨٦٤ إلى ١٨٧٧.