بدون ضمانات

دراسة حول الطاقة النووية ومشروع الضبعة

بدون ضمانات

دراسة حول الطاقة النووية ومشروع الضبعة

الطبعة الأولى/نوفمبر 2019

المبادرة المصرية للحقوق الشخصية
14 شارع السراي الكبرى (فؤاد سراج الدين) -جاردن ستي، القاهرة.
تليفون و فاكس: 27960158 / 27960197 (202)+
www.eipr.org - eipr@eipr.org

جميع حقوق الطبع والنشر لهذه المطبوعة محفوظة
بموجب رخصة المشاع الإبداعي،
النسبة-بذات الرخصة، الإصدارة 4.0
http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0
نستخدم الخط الأميري الحر amirifont.org

أعدت هذه الدراسة راجية الجرزاوي المسئولة عن برنامج العدالة البيئة بالمبادرة المصرية للحقوق الشخصية- وقام بالمساعدة في تجميع المادة البحثية محمد يونس الباحث في ملف العدالة البيئية. وقام إسماعيل البحار بمراجعة النسخة الإنجليزية بالإضافة إلى ضبط النسخة العربية. كما قام بالترجمة إلى اللغة العربية نصر عبد الرحمن وبالتدقيق اللغوي أحمد الشبيني

الفهرس

المقدمة 6

الملخص التنفيذي للدراسة 7

الفصل الأول: ماهي الطاقة النووية 11

1 - ملخص الفصل الأول 11

2 - كيفية توليد الكهرباء النووية 11

3 - الوقود النووي اليورانيوم 15

4 - المخلفات النووية 16

5 - تفكيك المحطات النووية 19

الفصل الثاني: الطاقة النووية الأعلى تكلفة 20

1 - ملخص الفصل الثاني 20

2 - مقارنة أسعار الكهرباء عالميا 21

3 - مقارنة أسعار الكهرباء في مصر 22

4 - خسائر شركات الطاقة النووية في الأسواق العالمية 24

5 - تكاليف مستترة 25

الفصل الثالث : تبعات خطيرة على الصحة والبيئة 27

1 - ملخص الفصل الثالث 27

2 - الإشعاع من المحطات النووية 27

3 - تأثير التعرض للإشعاع على الصحة 30

4 - تأثير المحطات النووية على المياه والبيئة 34

5 - التأثير على البيئة في منطقة الضبعة 35

الفصل الرابع المخلفات النووية قضية بلا حل 37

1 - ملخص الفصل الرابع 37

2 - أكوام من الخطر 38

3 - أجسامنا مكبات للنفايات 41

4 - إعادة معالجة النفايات النووية ليست حلا 42

الفصل الخامس الحوادث النووية 43

1 - ملخص الفصل الخامس 43

2 - ما هي احتمالات الحوادث النووية في المستقبل 43

3 - أسوأ خمس لحوادث معروفة: كيشتايم، سيلافيلد، ثري مايلز ايلند تشرنوبيل، فوكوشيما 47

الفصل السادس: أفول نجم الطاقة النووية 56

1 - ملخص الفصل السادس 56

2 - تراجع حصة الطاقة النووية في العالم 56

3 - مستقبل الطاقة النووية 58

الفصل السابع توجد بدائل أفضل 61

1 - ملخص الفصل السابع 61

2 - الطاقة المتجددة أفضل البدائل 61

3 - مستقبل الطاقة المتجددة 63

4 - إمكانيات مصر الواعدة من الطاقة المتجددة 64

الملحقات 66

ملحق رقم واحد: الإطار التشريعي والتنظيمي لمشروع الضبعة 66

1 - تاريخًيا 66

2 - الاتفاق الروسي في عهد الرئيس السيسي 66

3 - تقييم التعديلات القانونية والتنظيمية المستحدثة 68

ملحق رقم -2 الجدل المجتمعي 71

1 - الجدال لأسباب اقتصادية واستراتيجية 71

2 - الجدال حول عملية اتخاذ القرار وغياب الحوار والمشاركة والشفافية 72

3 - الجدال على ملائمة المشروع لمصر بسبب ضعف الخبرات والكفاءات 73

4 - الجدال بسبب ضعف الإطار التنظيمي والرقابي النووي 73

5 - الجدال بسبب مخاوف من الحوادث النووية 74

المقدمة

تؤثر عواقب استخدام الطاقة النووية على المجتمع بأسره كما تؤثر على الأجيال المقبلة، لهذا تؤكد التوصيات الدولية على حق المجتمع في المشاركة في قرار استخدامها وعلى نشر المعرفة وتحقيق الشفافية في كافة الأمور المتعلقة بالطاقة النووية، إلا أن فرصة نشر المعلومات والشفافية والنقاش لم تُتح بالشكل الكافي فيما يتعلق ببناء المفاعلات النووية في الضبعة بسبب عوامل سياسية واجتماعية، وأيضًا بسبب صعوبة فهم موضوع الطاقة عمومًا وموضوع الطاقة النووية خصوصًا.

تسعى هذه الدراسة إلى تقديم معلومات وحقائق مبسطة حول استخدام الطاقة النووية ومقارنتها بغيرها من بدائل الطاقة في مصر والعالم، وذلك بغرض المساهمة في بناء المعرفة وإثراء النقاش حول قضية استخدام الطاقة النووية.

وتتبنى الدراسة موقفًا يرى أن توليد الكهرباء من الطاقة النووية باهظ الثمن ومحفوفًا بالمخاطر وغير مستدام وأن هناك بدائل أفضل للحصول على الطاقة، وأنه بينما توفير الطاقة شرط أساسي لتحقيق التنمية والرفاهية في أي مجتمع، فإن الاستمرار في استخدام الطاقة النووية، وكذلك الأحفورية، يدمر الكوكب كما أنهما على وشك النفاد وأن السبيل الوحيد للحصول على الطاقة والحفاظ على الصحة والبيئة هو استخدام مصادر الطاقة المتجددة.

اعتمدت هذه الدراسة على أبحاث ومعلومات وبيانات دولية ومحلية، وتتكون الدراسة من مقدمة وملخص تنفيذي وسبعة فصول بالإضافة إلى ملحقين. وقد تم تنظيمها بحيث يمكن قراءة كل فصل بشكل مستقل بذاته، ويبدأ كل فصل من الفصول بملخصٍ لمحتوى الفصل.

يتضمن الفصل الأول شرحًا مبسطًا عن الطاقة النووية يهدف إلى تقديم القدر الأدنى من المعلومات التي تساعد على فهم عواقب أو صعوبات توليد الكهرباء النووية التي ستتناولها الفصول التالية. يناقش الفصل الثاني اقتصاديات توليد الكهرباء النووية وأسعارها، ويتناول الفصل الثالث آثار تشغيل المفاعلات النووية على الصحة والبيئة، يتناول الفصل الرابع مشكلة المخلفات النووية المتراكمة، والفصل الخامس مخاطر الحوادث النووية، ويستعرض الفصل السادس دلائل انحسار الطاقة النووية في العالم، والفصل السابع أفضلية البدائل من الطاقة المتجددة في العالم وفي مصر.

يحتوي الملحق الأول على تأريخ المشروع وتقييم تطور الإطار التشريعي والتنظيمي لبناء المفاعلات النووية في مصر حتى الوقت الحاضر، ويتناول الملحق الثاني الموقف المجتمعي من المشروع النووي وأهم التوجهات التي أمكن رصدها مما نشر حول الموضوع.

ملخص تنفيذي

تبدأ الورقة بشرح أساسيات توليد الكهرباء من الطاقة النووية وكيف أن توليد الكهرباء من الطاقة النووية يشبه توليد الكهرباء من مصادر حرارية أخرى مثل الفحم والغاز الطبيعي إلا أن الحرارة في هذه الحالة تنشأ عن الانشطار النووي وليس عن حرق الوقود. والمفاعل النووي هو جوهر المحطة النووية، لأنه المسؤول عن توليد الحرارة والتحكم في إطلاقها.

هناك أنواع متعددة من المفاعلات التي تستخدم تقنيات مختلفة ومن المعلن أن شركة «روس آتوم» الروسية ستقوم ببناء أربعة مفاعلات في الضبعة من طراز VVER-1200 (مفاعل روسي يعمل بتقنية الماء المضغوط). تُنتج المفاعلات النووية حرارة كبيرة أثناء عملية الانشطار تتجاوز بكثير القدر المطلوب لتوليد الكهرباء لهذا تحتاج إلى كميات كبيرة من الماء لتبريد الحرارة الزائدة، وتختلف كميات الماء المطلوبة حسب نظام التبريد.

و الوقود الرئيسي المستخدم في المفاعل النووي هو اليورانيوم، الذي يمر بمراحل تخصيب مختلفة قبل ان يكون صالحا للاستخدام، هناك ست دول فقط تورد 85% من اليورانيوم في العالم ومن المتوقع ألا تدوم احتياطيات اليورانيوم الاقتصادي إلى أكثر من 80 عامًا. ويُستبدل الوقود النووي داخل المفاعل على نحو دوري بعد استهلاكه، ويتسم الوقود المستهلك/المستنفد بنشاطه الإشعاعي عالي المستوى، تخزن مئات الآلاف من الأطنان من هذه المخلفات عالية الإشعاع بجانب المفاعلات في أنحاء العالم. وحتى الآن ليس هناك وسيلة للتخلص طويل الأمد من تلك النفايات.

من أهم الحجج ضد بناء المفاعلات النووية التكلفة الاقتصادية العالية إذ لم تعد الحجة ضد الطاقة النووية تقتصر فقط على المخاطر ولكنها أصبحت تعتمد بشكل متزايد على حجج التكاليف والقيمة الاقتصادية. جادل القائمون على الصناعة النووية منذ ظهورها بأن بناء المفاعلات النووية قد تكون باهظة التكلفة في البداية، ولكن تكاليف التشغيل المنخفضة تجعل توليد الكهرباء من الطاقة النووية الأرخص سعرًا، لكن التحليلات الحديثة للأسعار أثبتت عدم صحة هذه الدعاوى، لقد تبدل الخطاب حول الطاقة النووية من أنها مصدر أرخص كهرباء إلى أنها الأعلى تكلفة.

تُظهر حسابات «سعر الكهرباء المعدل» العالمية، أن سعر الكهرباء النووي يبلغ ضعف سعر كهرباء دورة الغاز المركبة والخلايا الفوتوفولتية وثلاثة أضعاف طاقة الرياح.

وعلى المستوى المحلي، تفوق تكلفة إنشاء محطة الطاقة النووية في الضبعة تكلفة إنشاء محطة غاز طبيعي بنحو 12 ضعفًا، وإنشاء مزرعة رياح بنحو ستة أضعاف، وإنشاء محطة خلايا فوتوفولتية بنحو ثلاثة أضعاف وذلك للحصول على نفس القدر من الكهرباء.

تواجه صناعة الطاقة النووية عالميًّا صعوبات ضخمة في الأسواق، سواء بسبب إفلاس الشركات أو خسارة الأسهم في أسواق الأوراق المالية. لقد أصبح الاستثمار في مجال الطاقة النووية محفوفًا بالمخاطر نظرًا إلى ضخامة رأس المال، وتأخر عمليات الإنشاء وتجاوز الميزانية، وتوفر بدائل أرخص.

وتُستخدم عدة أشكال من الدعم لإخفاء التكاليف الباهظة للطاقة النووية،. ولهذا ترتبط الطاقة النووية بأسواق الكهرباء التي تتحكم فيها الحكومات ولا نجد سجلًّا لبناء محطات نووية في أي دولة تشهد سوقًا تنافسية للكهرباء في العالم. وقد وفر تعديل القوانين والتشريعات المصرية الخاصة بالطاقة النووية الأخيرة عددًا من أشكال الدعم لمحطة الضبعة. يبقى أنه بإضافة التكاليف «غير المباشرة» للطاقة النووية، مثل تكاليف تلوث البيئة والتكاليف الصحية، نجد أن الطاقة النووية هي بالفعل أعلى مصادر توليد الطاقة تكلفةً على الإطلاق.

الطاقة النووية ليست طاقة نظيفة، لكنها تحمل تبعات خطرة على الصحة والبيئة، فكل عنصر من عناصر دائرة إنتاج الوقود النووي يُطلق جزيئات مُشعة وسامة. يؤدي الإشعاع الأيوني إلى كسر روابط الجزيئات ما يتسبب في تفاعلات كيماوية لا يمكن التنبؤ بنتائجها. ويؤدي التعرض المُكثف للإشعاع الأيوني إلى الموت في مدى عدة أيام أو أسابيع، ويؤدي التعرض لنسب منخفضة من الإشعاع -على مدى فترات طويلة- إلى الإصابة بالسرطان. ينتُج عن تشغيل المحطات النووية كميات كبيرة من المواد المشعة، وتسمح القوانين المنظِّمة للأنشطة النووية بإطلاق نسب محددة من المواد المشعة إلى البيئة المحيطة بافتراض أن نسب الإشعاع المنخفضة لا تؤثر في صحة الإنسان، ولكن هذا الفرض غير صحيح.

"منذ ثمانينيات القرن العشرين، والسكان الذين يعيشون بالقرب من منشآت نووية يشتكون من تزايد حالات السرطان، خصوصًا بين أطفالهم وقد أكدت العديد من التقارير والأبحاث العلمية هذه الظاهرة، رغم هذا أحجمت بعض الأبحاث عن التأكيد على العلاقة بين زيادة حالات السرطان وإشعاعات المنشآت النووية القريبة بدعوى أن مستويات هذه الإشعاعات منخفضة وغير مؤثرة. لكن في عام 2006 صدر تقرير حاسم عن «لجنة المجلس القومي الأمريكي للبحث عن تأثيرات المستويات المنخفضة من الإشعاعات»، والذي أكد أنه لا يوجد ما يسمى «جرعة آمنة»، مهما كانت ضئيلة، من الإشعاعات الأيونية."

تحتاج محطات الطاقة النووية كميات هائلة من المياه من أجل التبريد. هذه الكميات الضخمة يتم سحبها ثم إعادة تصريفها ساخنة ومحملة بالرواسب في المجاري المائية القريبة، وهو ما يؤثر سلبًا على النظام البيئي وعلى جودة المياه.

"منطقة شرق المتوسط، حيث تقع الضبعة، تتميز بأنها واحدة من أكثر المناطق البحرية في العالم مناسبة للسباحة وصيد الأسماك وسوف يؤثر إنشاء محطة الطاقة النووية في الضبعة على جودة المياه وعلى تنوع النظام البيئي في المنطقة وعلى أنشطة الصيد والسباحة التي تعتمد عليهما."

بينما تتراكم المخلفات من المفاعلات النووية حول العالم لا تلوح في الأفق حلول للتخلص طويل الأمد منها. تخزن كميات كبيرة من هذه المخلفات بشكل مؤقت في أحواض مياه أو في براميل جافة منتشرة في أنحاء العالم و،بينما يُعتقد أن المستودعات الجيولوجية العميقة هي أكثر طرق تخزين النفايات النووية أمانًا، فلم تقم أي دولة ببناء مثل هذه المستودعات باستثناء فنلندا التي بدأت ببناء مستودع عام 2004.

"تعتبر المخلفات النووية من الوقود المستهلك أكثر إشعاعاً بملايين المرات من الوقود «الطازج» لليورانيوم وتبقى كذلك لآلاف السنين، ويُقدر أن كمية المخلفات عالية الإشعاع ستبلغ بحلول 2020 نحو 445 ألف طن."

تشكل النفايات المتراكمة خطراً وشيكًا يتمثل في إمكانية تسرب المواد المشعة إلى البيئة من جراء سوء التخزين أو الحوادث أو أسباب أخرى، هناك سجل حافل لحالات تم التخلص فيها من مخلفات نووية بطريقة خاطئة أو تفتقر إلى القواعد الصحيحة أو حتى تم إلقاؤها وتركها عرضة للتآكل أو للسرقة، لم يُحظر إلقاء النفايات في المحيطات حتى تسعينيات القرن الماضي، حديثًا اكتشف العلماء وجود نشاط إشعاعي مرتفع في قاع بعض البحار وفي الكائنات البحرية.

إعادة معالجة الوقود المستهلك لا تحل مشكلة المخلفات النووية بل إنها تفاقم من خطر تكاثر الأسلحة النووية.

"المفاعلات النووية خطرة بطبيعتها، ففي أي لحظة قد يؤدي مزيج غير متوقع من الإخفاقات التقنية أو الأخطاء البشرية أو الكوارث الطبيعية إلى خروج المفاعل عن السيطرة."

يدعي القائمون على الصناعة النووية أن احتمال وقوع حادث كبير ضعيف جدًا، لكن الواقع مختلف كما أن عبء الحوادث يقاس ليس فقط بمرات تكرارها وإنما كذلك بجسامة عواقبها:

- عدد من الجهات البحثية الهامة تقدرا أنه من المتوقع حدوث أربع حوادث خطيرة خلال الخمسين عام القادمة، وأن احتمال تكرار تشيرنوبيل أخر يصل إلى 50% في الأعوام الثلاثين القادمة. على الرغم من عدم وجود سجل تاريخي رسمي وشامل لحوادث الطاقة النووية، فإن عدد الحوادث النووية التي وقعت ليس قليلًا، والقوائم غير الرسمية الموجودة قد وثّقت أعدادًا كبيرة من أنواعً مختلفة من الحوادث في كافة أنحاء العالم.
- آثار الحوادث النووية هائلة، وتبعاتها الصحية تبدأ من حالات الإصابة والوفاة الناجمة عن الانفجار، مرورا بمتلازمة الإشعاع الحاد، حتى الإصابة بالأمراض المزمنة والسرطان والاضطرابات النفسية إضافة إلى تبعاتها الاجتماعية والاقتصادية. ويقدم هذا الفصل ملخصًا عن خمس حوادث كبرى معروفة في التاريخ
- يتراجع استخدام الطاقة النووية على نحوٍ متواصل منذ تسعينيات القرن الماضي، وفي الوقت الحالي تمثل الطاقة النووية 10.5% فقط من إنتاج الكهرباء في العالم. الطاقة النووية لم تكن يومًا واسعة الانتشار، حيث تستخدمها 31 دولة فقط من دول العالم في توليد الكهرباء، خمسة دول منها تولد 70% من إجمالي الطاقة النووية. في السنوات الأخيرة بدأ عدد من الدول المتقدمة في التخلص تدريجيًّا من المفاعلات النووية ما أدى إلى انتقال السوق النووي إلى الدول النامية. وباستثناء الصين، فهناك عدد قليل من المنشآت الجديدة التي تُشيد في الوقت الراهن، والتوقعات المستقبلية للطاقة النووية في تراجع.

"هناك العديد من الخيارات المتاحة لتلبية احتياجات العالم من الكهرباء أفضل من الطاقة النووية، على رأس هذه الخيارات مصادر الطاقة المتجددة الأبقى والأرخص والأكثر أمانًا واستدامة على البيئة، وفي حين أنه من المتوقع أن تنفد مصادر اليورانيوم والوقود الأحفوري بعد عدة عقود من الزمن، فإن الموارد المتجددة وفيرة ولا تنضب."

تقود الرياح والخلايا الفوتوفولتية نمو سوق الطاقة المتجددة، في نهاية عام 2017، أصبحت طاقة الرياح تليها الطاقة الشمسية الفوتوفولتية أرخص أنواع الطاقة وأصبحت تتصدر جميع أنواع الطاقة في جذب الاستثمارات، ومن

المتوقع تطوير وسائل تخزين فعالة في المستقبل القريب ستتغلب على تفاوت إنتاج الكهرباء من تلك المحطات.

"تتمتع مصر بوفرة في مصادر طاقة الرياح والطاقة الشمسية، وأظهر تحليل خارطة الطاقة المتجددة، الذي أصدرته الوكالة الدولية للطاقة المتجددة عام 2018، أن مصر لديها القدرة على توفير 53% من مزيج الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة بحلول عام 2030، وأن هذا يقلل إجمالي تكاليف الطاقة بمقدار 900 مليون دولار سنويًّا."

الفصل الأول: ما هي الطاقة النووية؟

1 - ملخص الفصل

يهدف هذا الفصل إلى شرح أساسيات توليد الكهرباء من الطاقة النووية. يشبه توليد الكهرباء من الطاقة النووية توليد الكهرباء من مصادر حرارية أخرى مثل الفحم والغاز الطبيعي إلا أن الحرارة في هذه الحالة تنشأ عن الانشطار النووي وليس عن حرق الوقود. يعتبر «المفاعل النووي» هو جوهر المحطة النووية لأنه المسؤول عن توليد الحرارة والتحكم في إطلاقها. هناك أنواع متعددة من المفاعلات تستخدم تقنيات مختلفة. ومن المعلن أن شركة «روس آتوم» الروسية ستقوم ببناء أربعة مفاعلات في الضبعة من طراز VVER-1200 (مفاعل روسي يعمل بتقنية الماء المضغوط).

تُنتج المفاعلات النووية حرارة كبيرة أثناء عملية الانشطار تتجاوز بكثير القدر المطلوب لتوليد الكهرباء، لهذا تحتاج إلى كميات كبيرة من الماء لتبريد الحرارة الزائدة، وتختلف كميات الماء المطلوبة حسب نظام التبريد.

الوقود الرئيسي المستخدم في المفاعل النووي هو اليورانيوم. يمر اليورانيوم الطبيعي بمراحل تخصيب مختلفة قبل استخدامه في المفاعل، ست دول فقط تورد 85% من اليورانيوم في العالم، ومن المتوقع ألا تدوم احتياطيات اليورانيوم الاقتصادي لأكثر من 80 عامًا فقط. يُستبدل الوقود النووي داخل المفاعل على نحو دوري بعد استهلاكه، ويتسم الوقود المستهلك/المستنفد بنشاطه الإشعاعي عالي المستوى. تخزن مئات الآلاف من الأطنان من هذه المخلفات عالية الإشعاع بجانب المفاعلات في أنحاء العالم . حتى الآن ليس هناك وسيلة للتخلص طويل الأمد من تلك النفايات. وتعد فنلندا هي الدولة الوحيدة التي لديها مشروع بناء مدفن للتخلص طويل الأمد من النفايات النووية. عندما يصبح المفاعل النووي قديمًا ويجب إغلاقه، فإنه يخضع لعملية «تفكيك» طويلة ومكلفة.

2 - كيفية توليد الكهرباء النووية

توليد الكهرباء من الطاقة النووية يشبه توليدها من مصادر الطاقة التقليدية مثل الفحم والغاز الطبيعي والبترول ويشار إلى جميع هذه المصادر بمصادر الطاقة «الحرارية». يُحرق النفط أو الفحم أو الغاز الطبيعي لتوليد حرارة تستخدم في تسخين الماء أو الغازات ويُستخدم الضغط العالي لبخار المياه أو الغاز الساخن في تدوير التوربينات التي تولد الكهرباء.

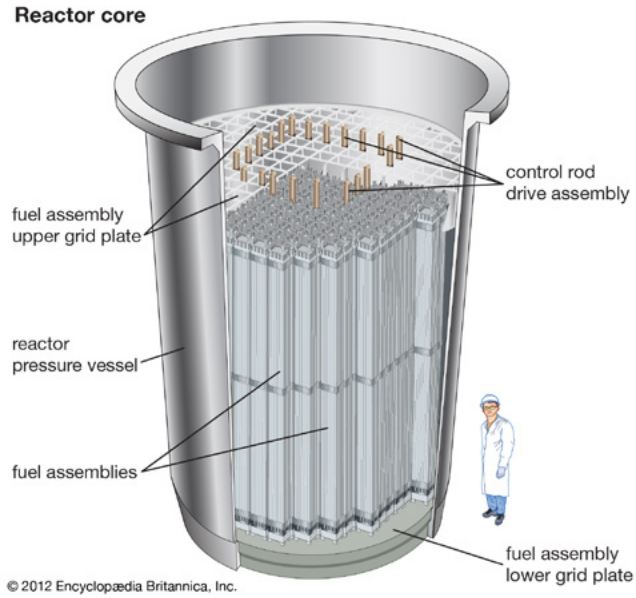
تعمل الطاقة النووية على توليد الكهرباء بنفس الطريقة باستثناء أن الحرارة تنتج عن الانقسام النووي وليس عن حرق الوقود، عندما تنقسم الذرات، «تنشطر»، فإنها تطلق حرارة تُستخدم في تسخين المياه التي تدير التوربينات[1].

فعندما يصطدم نيوترون بنواة اليورانيوم المُخصب، تنقسم إلى قسمين وتنطلق بعض الطاقة في صورة حرارة وينفصل عنها اثنان أو ثلاثة نيوترونات إضافية، إذا تم إطلاق عدد كافٍ من هذه النيوترونات المنفصلة لشطر نوى الذرات الأخرى وإطلاق مزيد من النيوترونات، يتحقق «تفاعل متسلسل»، وعندما يحدث هذا مرارًا وتكرارًا عدة ملايين من المرات، يمكن إنتاج كمية

1- How Does a Nuclear Reactor Make Electricity?» How Does a Nuclear Reactor Make Electricity? - World» Nuclear Association. Accessed June 17, 2019. http://world-nuclear.org/nuclear-basics/how-does-a-nuclear-reactor-make-electricity.aspx

هائلة من الحرارة من كمية صغيرة نسبيًّا من اليورانيوم[2].

رسم توضيحي رقم (1): نموذج من قلب مفاعل ماء مضغوط (المصدر: Encyclopædia Britannica)



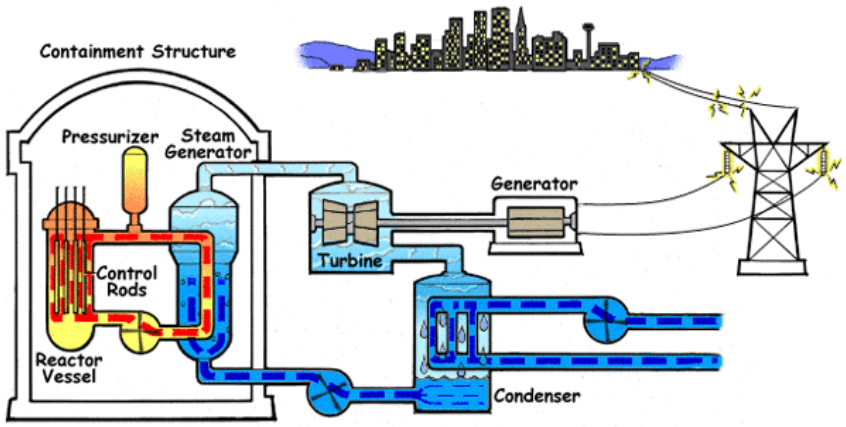
قلب المفاعل النووي

"يتم الانشطار النووي في قلب «المفاعل النووي». وقلب المفاعل النووي هو المسؤول عن التحكم في الطاقة الناجمة عن انشطار ذرات وقود اليورانيوم. ويتكون قلب المفاعل من عدة مئات من مجموعات/قضبان الوقود والتي تحتوي على آلاف الكُريات الصغيرة من وقود اليورانيوم، توضع تلك القضبان في حاويات من الصلب والخرسانة، ويوضع قلب المفاعل داخل وعاء فولاذي مملوء بالمياه[3]."

2- «What Is Uranium? How Does It Work?» What Is Uranium? How Does It Work - World Nuclear Association. Accessed June 17, 2019. http://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/introduction/what-is-uranium-how-does-it-work.aspx

3- Ibid, 'How does a Nuclear Reactor Make Electricity?'

رسم توضيحي رقم (2): مفاعل مضغوط (المصدر: United States Nuclear Regulatory Commission)



هناك نماذج مختلفة من المفاعلات النووية، وفي نموذج مفاعل الماء المضغوط مثل الذي سيستخدم في مصر، توضع المياه تحت الضغط لتبقى سائلة عند درجات حرارة تزيد على 230 درجة مئوية. يحول الماء المسخن في الدائرة الأولى الماء في في الدائرة الثانوية إلى بخار، يُدير هذا البخار التوربينات لتوليد الكهرباء ثم يتم تكثيفه وإعادة تدويره [4].

لا يبقى الوقود داخل قلب المفاعل نشطًا إلى ما لانهاية، بمرور الوقت تقل فاعليته ويجب استبدال وقود جديد به. يُزال حوالي ثلث أو نصف الوقود المستهلك كل عام أو عامين ويوضع وقود طازج، ويسمى الوقود القديم بالوقود «المستنفد» أو المستهلك، هذا الوقود المستنفد شديد الإشعاع والسخونة[5].

مفاعل الضبعة

تتكون محطة الضبعة النووية من أربع وحدات من طراز *VVER*-1200 (مفاعل روسي بالماء المضغوط) . وتماثل محطة الضبعة نموذج الوحدة الأولى من مفاعلات الجيل الثاني في محطة لينينجراد في غربي روسيا،وسوف تزوّد «روس آتوم» المفاعل المصري بالوقود النووي طوال عمل المحطة، كما ستوفر أطقم التدريب وتتعاون مع الشركاء المصريين في أعمال التشغيل والصيانة لمدة عشر سنوات، وستقوم مجموعة *ASE* وشركة «*ATOMPROKET*» بتنفيذ الأعمال الهندسية والإنشائية[6]. ومن المخطط أن يبدأ تشغيل الوحدة الأولى عام 2026.

4- Backgrounder on Storage of Spent Nuclear Fuel.» United States Nuclear Regulatory Commission - Pro-» tecting People and the Environment. October 2013. Accessed June 17, 2019. https://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/fact-sheets/storage-spent-fuel.html.

5- Backgrounder on Storage of Spent Nuclear Fuel.» United States Nuclear Regulatory Commission - Pro-» tecting People and the Environment. October 2013. Accessed June 17, 2019. https://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/fact-sheets/storage-spent-fuel.html.

6- Projects.» Rosatom State Atomic Energy Corporation ROSATOM Global Leader in Nuclear Technologies» Nuclear Energy. Accessed June 17, 2019. https://www.rosatom.ru/en/investors/projects/.

رسم توضيحي (3): نموذج مفاعل طراز VVER-1200 (مفاعل روسي بالماء المضغوط) ، الشكل المعتاد لغرفة التوليد (المصدر: ROSATOM)

- أنظمة التبريد

"تُنتج المفاعلات النووية حرارة كبيرة أثناء عملية الانشطار تتجاوز بكثير القدر المطلوب لتوليد الكهرباء، تعمل المفاعلات النووية بكفاءة تعادل 33% فقط، إذ تنطلق وحدتان من الطاقة الحرارية في البيئة مقابل كل وحدة من الطاقة الكهربائية المولدة، وتستهلك المحطات النووية كميات كبيرة من الماء لتبريد الحرارة الزائدة[7]."

هناك نوعان من أنظمة التبريد في المحطات النووية:

أ-نظام «الدورة الواحدة":

حيث يتم سحب المياه من مصدر مياه قريب (مثل الأنهار أو البحيرات أو المحيطات)، ثم تدوير هذه المياه عبر الأنابيب لامتصاص الحرارة من قلب المفاعل ثم يعاد تصريف هذه المياه الساخنة إلى مصدر المياه مرة ثانية وتسحب كميات جديدة للتبريد وهكذا. ولهذا يتطلب هذا النظام اختيار مواقع محطات توليد الكهرباء في أماكن بالقرب من مصادر المياه.

ب- نظام «الدورة المغلقة»

حيث توجه المياه الساخنة إلى أبراج تبريد بتعريضها للهواء، ثم يعاد استخدامها مرة أخرى للتبريد وتُسحب كميات جديدة من المياه لتحل محل الكميات المفقودة بسبب التبخر في الأبراج. ويسحب نظام الدورة المغلقة كميات أقل من المياه عن نظام الدورة الواحدة، ولكنه يستهلك كميات أكبر بسبب التبخر[8]

7- Union of Concerned Scientists. Nuclear Power and Water: Fact Sheet. December 2011. Accessed June 19, 2019.https://www.ucsusa.org/sites/default/files/legacy/assets/documents/nuclear_power/fact-sheet-water-use.pdf

8- How It Works: Water for Power Plant Cooling.» Union of Concerned Scientists. Accessed June 19, 2019.» https://www.ucsusa.org/clean-energy/energy-and-water-use/water-energy-electricity-cooling-power-plant#.XE-RHvdIzZdg

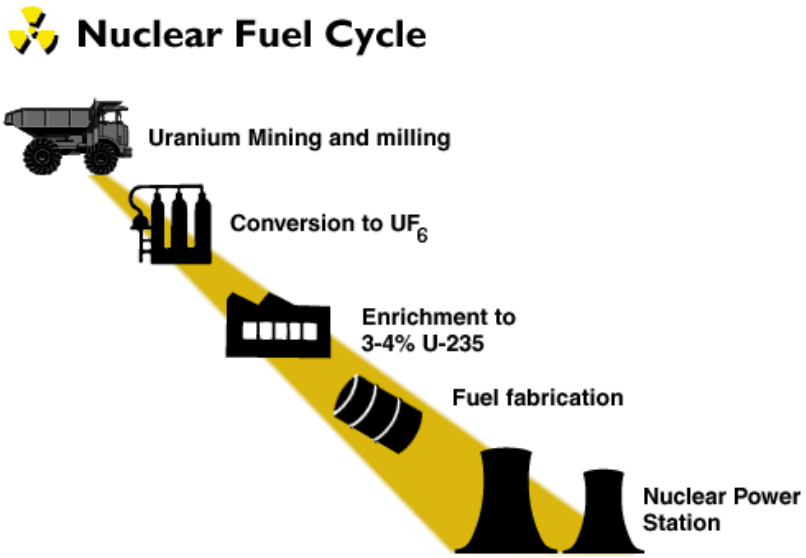
3 - الوقود النووي: اليورانيوم

الوقود الأساسي المستخدم في مفاعلات الطاقة النووية هو اليورانيوم لأنه سهل الانشطار. اليورانيوم الطبيعي عبارة عن مزيج من ثلاثة أشكال (نظائر)، اليورانيوم 238 بنسبة 99.2%، يورانيوم 235 بنسبة 0.720%، يورانيوم 234 بنسبة 0.005%.

بالنسبة إلى معظم أنواع المفاعلات، يجب تخصيب اليورانيوم قبل استخدامه كوقود ،أي زيادة تركيز نظير يورانيوم 235، من مستواه الطبيعي 0.7% إلى 3 - 5%.

"ويحتوي قلب مفاعل يبلغ إنتاجه 1000 ميجاوات على نحو 75 طنًّا من اليورانيوم المخصب"[9]

رسم توضيحي (4): دورة الوقود النووي (المصدر:Atomic Archive)



يتواجد اليورانيوم في أنواع عدة من الصخور، كما يتواجد في مياه البحار، ولكنه، مثل المعادن الأخرى، نادر الوجود في الطبيعة بتركيزات عالية تصلح للاستخدام الاقتصادي[10].

"موارد اليورانيوم في العالم غير قابلة للتجدد وعرضه للنفاد، وكلما نقصت موارده يرتفع سعره. في عام 2005، ارتفع

9- «How a Nuclear Reactor Makes Electricity.» World Nuclear Association. Accessed July 23, 2019. http://www.world-nuclear.org/nuclear-basics/how-does-a-nuclear-reactor-make-electricity.aspx.

10- «Uranium and Depleted Uranium.» Uranium and Depleted Uranium - World Nuclear Association. Accessed June 17, 2019. http://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/uranium-resources/uranium-and-depleted-uranium.aspx

سعر اليورانيوم المستخرج من المناجم من 12 إلى 45 دولاراً للرطل[11]. من المتوقع أن ينفد اليورانيوم الاقتصادي خلال 80 عاماً مع المعدل الراهن للاستهلاك[12]. تنتج ست دول فقط 85% من اليورانيوم المستخرج عالمياً[13].تقدم كازاخستان وحدها أكثر من ثلث إنتاج العالم من اليورانيوم، تليها أستراليا التي توفر نحو ربع الإنتاج العالمي[14].

"

4 - المخلفات النووية

تُنتج المحطات النووية مخلفات أو نفايات مشعة. هذه المخلفات يجب عزلها وتخزينها في مرافق مجهزة لفترة زمنية كافية حتى ينتهي خطرها. ويعتمد وقت التخزين على كمية الإشعاع التي تحتويها، فهي عالية المستوى أو متوسطة أو منخفضة.

أ- مخلفات عالية المستوى الإشعاعي:

تتكون أساسا من الوقود المستنفد. حيث يُستبدل بالوقود في المفاعل وقود طازج كل 18 شهراً في المتوسط. ويُطلق على الوقود القديم اسم الوقود المستنفد[15].

ترتفع القدرة الإشعاعية في الوقود المستنفد إلى حوالي 8 مليون مرة عن الوقود الطازج[16].

يحفظ الوقود المستنفد بعد إخراجه من المفاعل في أحواض عميقة من الماء لتبريده وتشكيل درع للحماية من الإشعاع[17]. يؤدي فقدان ماء التبريد في الأحواض إلى ارتفاع درجة حرارة الوقود إلى حد يكفي لإشعال الكسوة المصنوعة من سبائك الزركونيوم في الوقود النووي وإطلاق النشاط الإشعاعي[18].

11- Smith, Gar, Ernest Callenbach, and Aileen Mioko-Smith. Chapter 3: Inherently Inefficient and Unreliable, Nuclear Roulette: The Case against a «Nuclear Renaissance». pp.16. San Francisco: International Forum on Globalization, 2011. 2011. Accessed June 17, 2019. http://ifg.org/v2/wp-content/uploads/2014/04/Nuclear_Roulette_book.pdf

12- Zyga, Lisa. «Why Nuclear Power Will Never Supply the World›s Energy Needs.» Phys.org. May 11, 2011. Accessed June 17, 2019. https://phys.org/news/2011-05-nuclear-power-world-energy.html#jCp

13- المصدر السابق

14- Uranium and Depleted Uranium.» World Nuclear Association. September 2016. Accessed July 23, 2019.» https://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/uranium-resources/uranium-and-depleted-uranium.aspx.

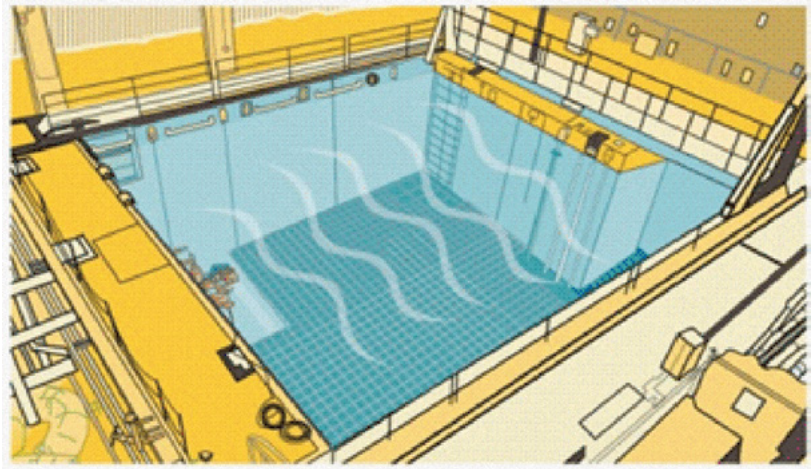
15- The Nuclear Fuel Cycle.» Nuclear Fuel Cycle Overview - World Nuclear Association. Accessed June 17,» 2019. http://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/introduction/nuclear-fuel-cycle-overview.aspx

16- المصدر السابق, 'Nuclear Energy Frequently Asked Questions'

17- المصدر السابق, 'What is Nuclear Energy?'

18- المصدر السابق، الفصل الثاني

رسم توضيحي (5): نموذج لأحواض تخزين الوقود المستنفذ (المصدر: United States Nuclear Regulatory Commission)



يمكن نقل الوقود المستهلك، بعد خمسة أعوام على الأقل، إلى حوض تخزين آخر لتبريده بالماء أو بالهواء في مرافق أو عبوات تخزين مصفحة.[19] توفر أحواض المياه أو مرافق التخزين الجاف حماية من الإشعاع لفترة مؤقتة لا تزيد على مئة عام فقط[20]. يتطلب التخلص طويل الأمد من النفايات عالية الإشعاع دفنها على أعماق بعيدة في أماكن حصينة لعدة آلاف من السنوات[21].

رسم توضيحي (6):براميل تخزين الوقود المستنفذ الجافة، شركة كونتيكت للطاقة الذرية (المصدر: شركة كونتيكت للطاقة الذرية)

19- المصدر السابق، الفصل الثاني

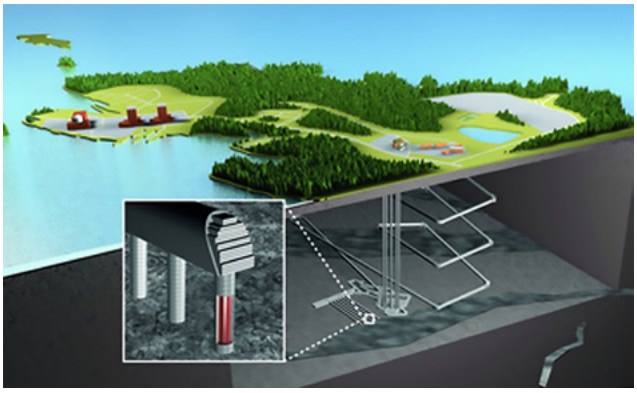
20- المصدر السابق، الفصل السادس

21- Harold Feiveson, Zia Mian, M.V. Ramana and Frank von Hippel (eds), Spent Fuel from Nuclear Power Reactors: An Overview of a New Study by the International Panel of Fissile Materials, Draft for Discussion June 2011, fissilematerials.org. Accessed June 17, 2019. http://fissilematerials.org/library/ipfm-spent-fuel-overview-june-2011.pdf

في نهاية عام 2009، كان مخزون العالم من الوقود المستهلك قد بلغ 240 ألف طن، وأغلب تلك الكمية مخزنة في مواقع المفاعلات بشكل مؤقت[22].

"على الرغم من أن عمر توليد الطاقة النووية في العالم يزيد على 70 عامًا، فلا يوجد موقع واحد للتخزين طويل الأمد، المشروع الوحيد في العالم للتخزين طويل الأمد بدأته فنلندا (مشروع أونكالو) عام 2004 ولن تكتمل أعمال الإنشاء إلا في القرن المقبل، لن يستوعب أونكالو إلا نفايات فنلندا النووية فقط، أي ما يعادل نحو 1% فقط من مخزون العالم المتزايد من النفايات المشعة[23]."

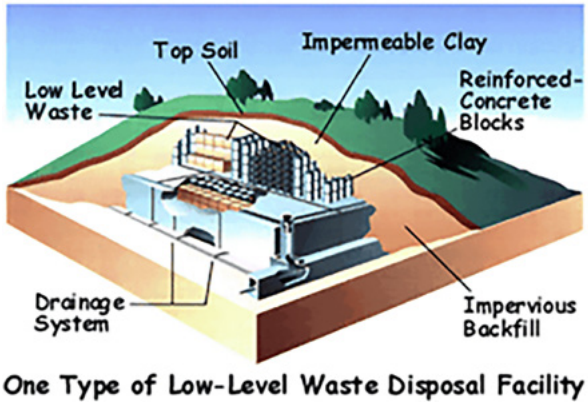
رسم توضيحي (7): رسم توضيحي لمخازن KBS-3 في أولكيلوتو (المصدر: أونكالو من الفكرة للواقع)



ب- مخلفات متوسطة المستوى الإشعاعي

تحتوي تلك المخلفات على كميات متوسطة من الإشعاع، مثل الراتنجات، الحمأة الكيميائية، والكسوة المعدنية. وتحتاج عمومًا إلى دروع واقية ولا تحتاج إلى التبريد وتُدفن في مستودعات ضحلة.

رسم توضيحي (8)" نموذج مستودعات التخزين الضحلة (المصدر: Unites States Nuclear Regulatory Commission)



22- المصدر السابق

23- Reijo Sundell, Posiva Oy; Timo Äikäs, Posiva Oy ; Tiina Jalonen, Posiva Oy , ONKALO - From Concept to Reality , WM2014 Conference, March 2-6, 2014, Phoenix, Arizona, USA

ج- نفايات منخفضة المستوى الإشعاعي

تتضمن النفايات منخفضة المستوى أشياء مثل الورق، الخرق، الأدوات، الملابس، الفلاتر، وغيرها من المواد التي تحتوي على كميات صغيرة وقصيرة الأجل من المواد المشعة ويمكن التخلص منها في مدافن المخلفات الصلبة.

5 - تفكيك المحطات النووية

إذا تقرر إغلاق محطة نووية، فيجب «تفكيكها»، وهو ما يعني اتخاذ خطوات من أجل تقليص مستوى الإشعاع إلى المستوى الذي يمكن معه إنهاء خدمة المحطة وإعادة استخدام الموقع[24] ، يستغرق تفكيك المفاعل النووي زمنًا طويلًا كما أنه عالي التكلفة،

ومن أجل تفكيك المحطة يجب هدم المنشآت والتخلص من المخلفات النووية الموجودة بطريقة آمنة وإزالة أو تطهير المواد المشعة مثل الوقود النووي والمعدات والمباني الملوثة بالإشعاع وتختلف المدة والتكلفة حسب طريقة التفكيك.

أ- التفكيك بطريقة التطهير DECON:

حيث يتم إزالة كل الوقود وكافة المعدات من المحطة وتنظيفها من الإشعاع وتخزينها في مكان منفصل. وتستغرق عملية التطهير من سبع إلى عشر سنوات وهي الطريقة الأسرع. تم تفكيك محطة «هادام نيك» (619 ميجاوات) في ولاية كونيتيكت الأمريكية باستخدام طريقة التطهير على مدى نحو عشر سنوات بتكلفة 893 مليون دولار.

ب ـ التفكيك بطريقة التخزين الآمن SAFSTOR

حيث يتم احتواء المفاعل والمعدات ورصد مستوى الإشعاع فيهم لفترة طويلة للسماح بتحلل بعض الإشعاع وتقليل كمية المواد المشعة التي يجب التخلص منها وتستغرق تلك العملية نحو 60 عامًا. بدأت عملية تفكيك محطة «كيواني» (556 ميجاوات) في ويسكونسن الأمريكية عام 2013 باستخدام طريقة التخزين الآمن، ومن المتوقع أن تستغرق 60 عامًا، بتكلفة نحو مليار دولار[25].

24- Ibid, 'What is Nuclear Energy?'

25- U.S. Energy Information Administration - EIA - Independent Statistics and Analysis.» Decommissioning» Nuclear Reactors Is a Long-term and Costly Process - Today in Energy - U.S. Energy Information Administration (EIA). November 17, 2017. Accessed June 18, 2019. https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=33792

الفصل الثاني: الطاقة النووية الأعلى تكلفةً

1- ملخص الفصل

لم تعد الحجة ضد الطاقة النووية تقتصر فقط على المخاطر مثل في السابق لكن الحجة ضد النووي أصبحت تعتمد بشكل متزايد على التكاليف والقيمة الاقتصادية.

جادل القائمون على الصناعة النووية منذ بداياتها بأن بناء المفاعلات النووية قد يكون باهظ التكلفة في البداية، ولكن تكاليف التشغيل المنخفضة تجعل توليد الكهرباء من الطاقة النووية الأرخص سعرًا. إلا أن التحليلات الحديثة للأسعار أثبتت عدم صحة هذه الدعاوى كما دلل عليها الصعوبات التي تواجهها الصناعة النووية في السوق في الوقت الراهن. لقد تبدل الخطاب حول الطاقة النووية من أنها مصدر أرخص كهرباء إلى أنها الأعلى تكلفة.

تُظهر حسابات «سعر الكهرباء المعدل» العالمية، والتي تأخذ في الاعتبار العمر الافتراضي للمحطة والبناء والتشغيل والصيانة وتكاليف الوقود، أن سعر الكهرباء النووية يبلغ ضعف سعر الكهرباء من دورة الغاز المركبة ومن الخلايا الفوتوفولتية وثلاثة أضعاف الرياح.

وعلى المستوى المحلي تفوق تكلفة إنشاء محطة الطاقة النووية في الضبعة تكلفة إنشاء محطة غاز طبيعي بنحو 12 ضعفًا، وتكلفة إنشاء مزرعة رياح بنحو ستة أضعاف، وإنشاء محطة خلايا فوتوفولتية بنحو ثلاثة أضعاف وذلك للحصول على نفس القدر من الكهرباء. أظهرت مقارنة «سعر الكهرباء المعدل» للمصادر المستخدمة في مصر أن طاقة الرياح أرخصها وأن الخلايا الفوتوفولتية تحتل المركز الثاني.

تواجه صناعة الطاقة النووية عالميًّا صعوبات ضخمة في الأسواق، سواء بسبب إفلاس الشركات أو خسارة الأسهم في أسواق الأوراق المالية، لقد أصبح الاستثمار في مجال الطاقة النووية محفوفًا بالمخاطر، نظرًا إلى ضخامة رأس المال، وتأخر عمليات الإنشاء وتجاوز الميزانية، وفي ظل توفر بدائل أرخص.

تُستخدم عدة أشكال من الدعم لإخفاء التكاليف الباهظة للطاقة النووية، لا يمكن لهذه الصناعة أن تستمر بدون الدعم الضخم من أموال المستهلكين ودافعي الضرائب، ولهذا يرتبط استخدام الطاقة النووية بأسواق الكهرباء التي تتحكم في أسعارها الحكومات وليس في الدول التي تشهد سوقًا تنافسية للكهرباء. ويمنح تعديل القوانين والتشريعات المصرية الأخيرة عددًا كبيرًا من أشكال الدعم لمحطة الضبعة.

يبقى أنه بإضافة التكاليف «غير المباشرة» للطاقة النووية، مثل تكاليف تلوث البيئة والتكاليف الصحية تصبح الطاقة النووية بالفعل أعلى مصادر توليد الطاقة تكلفةً على الإطلاق.

2 - مقارنة أسعار الكهرباء عالمياً

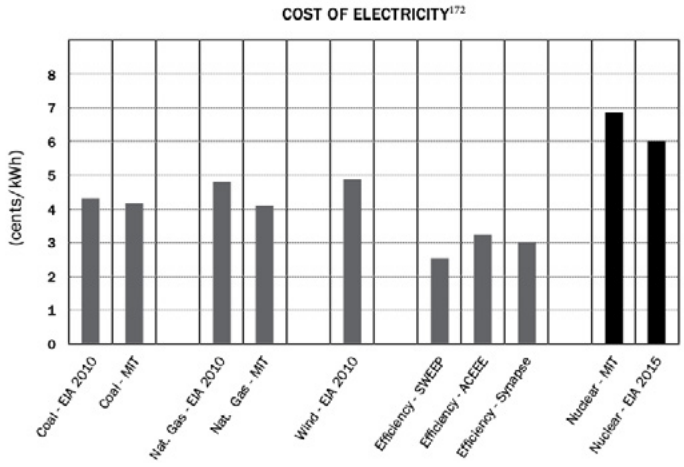
"لطالما جادل القائمون على الصناعة النووية منذ بداياتها بأنها أرخص مصدر لتوليد الكهرباء، وأن بناء المفاعلات النووية قد يكون باهظ التكلفة في البداية، ولكن تكاليف التشغيل المنخفضة تجعل الطاقة النووية الأرخص سعراً. ولكن هذا القول ثبت أنه خاطئ."

لأن بيئة الدراسات وتحليلات التكلفة تغيرت عن الأيام الأولى للحقبة النووية عندما كان يحتكرها القائمون على الصناعة وبائعو المفاعلات والحكومات. لقد أصبح هناك تقديرات مختلفة لحساب تكلفة الطاقة النووية يقدمها خبراء أسواق الأوراق المالية ومحللو الطاقة المستقلون والتي تناقض كثيرًا التحليلات الأولية[26].

"تكشف مقارنات سعر الكهرباء المعدل (*LCOE*) أن الطاقة النووية أغلى مصادر الكهرباء، ويستخدم سعر الكهرباء المعدل في المقارنة بين تكلفة الكهرباء التي تأتي من مصادر مختلفة، ويضع في الاعتبار العمر الافتراضي للمنشآت، تكاليف الإنشاءات والتشغيل والصيانة وكذلك سعر الوقود المستخدم."

يوضح الجدول التالي الذي يقارن تحليلات حسابات تكلفة الكهرباء من النووي والفحم والغاز الطبيعي والذي أجرتها جهات متعددة مثل إدارة معلومات الطاقة الأمريكية EIA، ومعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا MIT وغيرهم، أن الطاقة النووية هي أغلى مصدر للكهرباء[27].

رسم توضيحي (9): جدول يوضح مقارنة تحليلات حسابات تكلفة الكهرباء من النووي والفحم والغاز الطبيعي (المصدر: Nuclear Information and Resource Service)



26- Cooper, Mark. «The Economics of Nuclear Reactors: Renaissance or Relapse?» Nuclear Monitor, No. 692-693, August 28, 2009. Accessed June 18, 2019. https://www.nirs.org/wp-content/uploads/mononline/nm692_3.pdf

27- «Levelized Cost of Electricity - Definition and Example.» A Rexel Customer Community. Accessed June 18, 2019. https://thegrid.rexel.com/en-us/knowledge/energy-efficiency/w/wiki/92/the-levelized-cost-of-electricity-definition-and-example

ويوضح الجدول التالي من تقرير إدارة معلومات الطاقة الأمريكية eia الصادر عام 2017 أن «سعر الكهرباء المعدل» من الطاقة النووية الذي بلغ (90.1 دولارًا لكل ميجاوات في الساعة) يساوي ضعف تكلفة دورة الغاز المركبة (48.3 دولارًا لكل ميجاوات في الساعة) والخلايا الفوتوفولتية (46.5 دولارًا لكل ميجاوات في الساعة)، وثلاثة أضعاف سعر محطات الرياح البرية (37.1 دولار لكل ميجاوات في الساعة).

رسم توضيحي (10): الجدول يوضح تقرير إدارة معلومات الطاقة الأمريكية eia الصادر عام 2017 ل «سعر الكهرباء المعدل» لمصادر الطاقة المختلفة (المصدر: وكالة معلومات الطاقة الأمريكية)

Table 1a. Estimated levelized cost of electricity (capacity-weighted average[1]) for new generation resouces entering service in 2022 (2017 $/MWh)

Plant type	Capacity factor (%)	Levelized capital cost	Levelized fixed O&M	Levelized variable O&M	Levelized transmission cost	Total system LCOE	Levelized tax credit[2]	Total LCOE including tax credit
Dispatchable technologies								
Coal with 30% CCS[3]	NB	NB	NB	NB	NB	NB	NA	NB
Coal with 90% CCS[3]	NB	NB	NB	NB	NB	NB	NA	NB
Conventional CC	87	13.0	1.5	32.8	1.0	48.3	NA	48.3
Advanced CC	87	15.5	1.5	30.3	1.1	48.1	NA	48.1
Advanced CC with CCS	NB	NB	NB	NB	NB	NB	NA	NB
Conventional CT	NB	NB	NB	NB	NB	NB	NA	NB
Advanced CT	30	22.7	2.6	51.3	2.9	79.5	NA	79.5
Advanced nuclear	90	67.0	12.9	9.3	0.9	90.1	NA	90.1
Geothermal	91	28.3	13.5	0.0	1.3	43.1	-2.8	40.3
Biomass	83	40.3	15.4	45.0	1.5	102.2	NA	102.2
Non-dispatchable technologies								
Wind, onshore	43	33.0	12.7	0.0	2.4	48.0	-11.1	37.0
Wind, offshore	45	102.6	20.0	0.0	2.0	124.6	-18.5	106.2
Solar PV[4]	33	48.2	7.5	0.0	3.3	59.1	-12.5	46.5
Solar thermal	NB	NB	NB	NB	NB	NB	NB	NB
Hydroelectric[5]	65	56.7	14.0	1.3	1.8	73.9	NA	73.9

CCS = احتجاز الكربون وعزله، CC = الدورة المركبة (غاز طبيعي)، CT = توربين الاحتراق، PV = الخلايا الكهروضوئية.
المصدر: إدارة معلومات الطاقة الأمريكية، توقعات الطاقة السنوية 2018.

3 - مقارنة أسعار الكهرباء في مصر

قدرت تكاليف بناء المحطة النووية في الضبعة (بقدرة 4800 ميجاوات) بنحو 30 مليار دولار أمريكي وسوف يستغرق بناؤها 12عاماً[28].

بينما قدرت تكلفة بناء محطات سيمنز الثلاث لإنتاج الكهرباء باستخدام الدورة المركبة للغاز الطبيعي بقدرة إجمالية14400 ميجاوات، أي ثلاثة أضعاف قدرة محطة الضبعة، بحوالي ستة مليارات يورو فقط وسوف يستغرق البناء عامين ونصف فقط[29].

Russia to Loan Egypt $25bn for Nuclear Plant Construction.» RT International. November 30, 2015.» -28 /Accessed June 18, 2019. https://www.rt.com/business/324005-russia-egypt-plant-loan

Associated Press. «Egypt Inaugurates Power Plant Projects.» Power Engineering. July 24, 2018. Accessed -29 June 18, 2019. https://www.power-eng.com/articles/2018/07/egypt-inaugurates-power-plant-projects.html

وكذلك قدرت تكلفة مزارع سيمنز للرياح ذات قدرة إجمالية ألفي ميجاوات، بحوالي ملياري يورو وتستغرق سبع سنوات[30]. ومحطات الخلايا الفوتوفولتية في بنبان (أسوان) بقدرة إجمالية 1465، باستثمارات تبلغ نحو ملياري دولار[31]

"تكلفة إنشاء محطة الضبعة النووية تفوق تكلفة إنشاء محطة غاز طبيعي بنفس القدرة بنحو 12 مرة، وتفوق تكلفة بناء مزارع الرياح بنفس القدرة بنحو ست مرات، وتفوق تكلفة إنشاء محطة خلايا شمسية فوتوفولتية بنفس القدرة بنحو ثلاث مرات."

كما أظهرت مقارنات الأسعار المعدلة للكهرباء في مصر عام 2016، أن سعر الكيلووات/ساعة في محطة رياح جبل الزيت كان 40 سنتاً[32].

وأن السعر في محطات الخلايا الفوتوفولتية، تراوح بين 0.079 و0.181 دولاراً لكل كيلوات/ساعة حسب نوعية المحطة، وهي أسعار أقل حتى من أسعار دورة الغاز الطبيعي المركبة التي تتراوح من 0.076 إلى 0.115 دولار أمريكي لكل كيلو وات/ساعة. ومن المتوقع أن تنخفض الأسعار المعدلة من الخلايا الفوتوفولتية عام 2035 إلى -0.035 0.042 دولاراً لكل كيلووات/ساعة[33].

هذا مع مراعاة أن أسعار الكهرباء من محطات الطاقة الشمسية في المنطقة العربية أرخص حتى من مصر. ففي أبو ظبي، على سبيل المثال، حققت الإمارات رقماً قياسياً بلغ 2.42 سنتاً بالنسبة إلى الألواح الكهروضوئية. وسجّل مشروع محطة سكاكة للطاقة الشمسية في المملكة العربية السعودية رقماً قياسياً لأقل تكلفة في العالم بواقع 1.79 سنتاً فقط[34].

ونحن لا نعرف سعر الكهرباء المعدل من الطاقة النووية في مصر حتى الآن، ولكن ليس من المتوقع أن تنخفض عن المتوسط العالمي إن لم تزِد.

30- Farag, Mohamed. «Siemens Gamesa Establishes Wind Farms in Egypt with Investments of €2bn.» Daily News Egypt. October 09, 2018. Accessed June 18, 2019. https://www.dailynewsegypt.com/2018/10/09/siemens-gamesa-establishes-wind-farms-in-egypt-with-investments-of-e2bn/

31- The Ministry of Electricity and Renewable Energy, ‹Launching of MERE Projects: 24 July 2018›. Power-point Presentation. Accessed June 18 2019. http://www.moee.gov.eg/test_new/Launcing_newprojects.pdf

32- IRENA Director-General Meets with Egypt President El-Sisi to Discuss Renewable Energy Deployment.»» International Renewable Energy Agency. December 15, 2016. Accessed July 22, 2019. https://www.irena.org/newsroom/pressreleases/2016/Dec/IRENA-Director-General-Meets-with-Egypt-President-el-Sisi-to-Discuss-Renewable-Energy-Deployment.

33- Noha Saad Hussein, Mohamed Abokersh, Christoph Kost and Thomas Schlegel, 'Electricity Cost from Renewable Engery Technologies in Egypt', Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, December 2016. Accessed 18 July 2018. https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/en/documents/publications/studies/Dec2016_Fraunhofer-ISE_LCOE_Renewable_Energy_Technologies_EN_v20_ns.pdf

34- محمد, عبد الحي. «مشروعات الإمارات خفّضت تكلفة الطاقة المتجددة عالمياً.» البيان. January 14, 2018. Accessed June 18, 2019. https://www.albayan.ae/economy/local-market/2018-01-14-1.3158876

4 - خسائر شركات الطاقة النووية في الأسواق العالمية

أثر ارتفاع سعر الكهرباء من الطاقة النووية على القدرة التنافسية لها. وتواجه شركاتها صعوبات كبيرة في الأسواق التنافسية.

"في عام 2017 أعلنت شركة ويستنجهاوس، أكبر شركات الطاقة النووية إطلاقاً، إفلاسها بعد خسائر فادحة في مشروعاتها النووية[35].

كما بلغت خسائر شركة آريفا التي تمتلكها الحكومة الفرنسية 12.3 مليار دولار على مدى السنوات الست الماضية، وقامت الحكومة الفرنسية بدفع 5.3 مليار دولار لإنقاذ الشركة[36]. وتعرض 34 محطة نووية في الولايات المتحدة، من أصل 61 محطة، إلى خسائر بلغت قيمتها 2.9 مليار دولار، وفقًا لتحليل بلومبرج[37]."

وفقدت كثير من شركات الطاقة النووية في أوروبا معظم قيمة أسهمها مقارنة بالسنوات العشر الماضية، ففي ألمانيا، خسرت شركة «آر دابليو إي»82% RWE من قيمة أسهمها، وخسرت شركة «إي أو إن» 87% EON من قيمة أسهمها، وفي فرنسا، خسرت شركة «إنجي» 75% Engie من قيمة أسهمها[38].

وفي آسيا خسرت شركة «سي جي إن» CGN الصينية نحو 60% من قيمة أسهمها منذ 2015، وخسرت الشركة الكورية كيبكو 37% KEPCO من قيمة أسهمها خلال عام 2016 [39].

مخاطر الاستثمار في الطاقة النووية

إنشاء محطة نووية مخاطرة اقتصادية كبيرة، إذ يتطلب رأس مال ضخماً، وتستغرق عمليات البناء سنوات طويلة، كما أنه من المعتاد تجاوز الميزانية المقررة وتجاوز الوقت المحدد للانتهاء[40].

في الستينيات من القرن العشرين، كانت التكلفة الفعلية لبناء المفاعلات أعلى ثلاث مرات من التكلفة المقترحة للمشروع في بدايته، وفي السبعينيات، تجاوزت التكلفة الفعلية سبعة أضعاف التكلفة المقترحة، كما يوضح الجدول[41].

35- New York Southern Bankruptcy Court Case 1:17-bk-10778 - Westinghouse...» Inforuptcy. Accessed June 18, 2019. https://www.inforuptcy.com/filings/nysbke_273415-1-17-bk-10778-westinghouse-international-technology-llc#docket_text

36- Mycle Schneider, Antony Froggatt (with Julie Hazemann, Tadahiro Katsuta, M.V. Ramana, Juan C. Rodriguez, Andreas Ruedinger and Anges Stienne) The World Nuclear Industry: Status Report 2017, A Mycle Shcneider Consulting Project, Paris, September 2017. pp 34 Accessed June 18 2019. https://www.worldnuclearreport.org/IMG/pdf/20170912wnisr2017-en-lr.pdf

37- Polson, Jim. «Why Nuclear Power, Once Cash Cow, Now Has Tin Cup.» Bloomberg.com. July 14, 2017. Accessed June 18, 2019. https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-07-14/why-nuclear-power-once-cash-cow-now-has-tin-cup-quicktake-q-a

38- المصدر السابق، Schneider

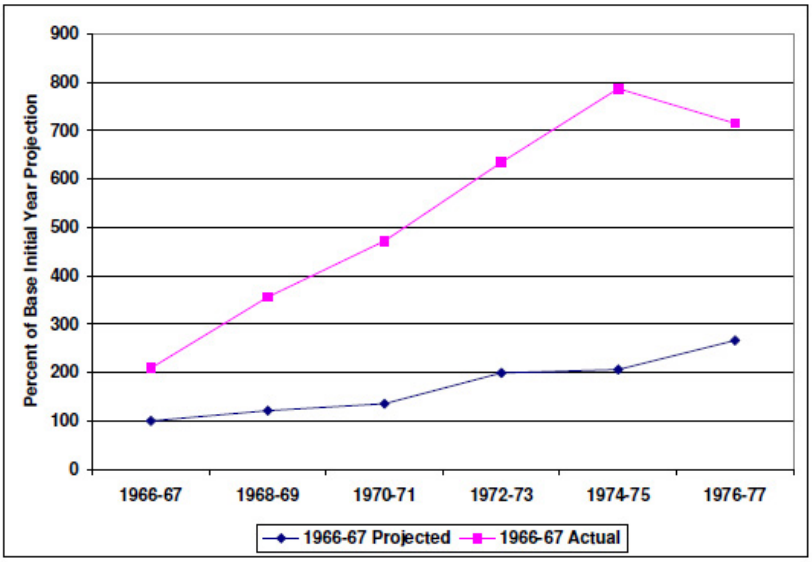
39- المصدر السابق

40- Informer, EEnergy. «Nuclear Construction: Never On Time, Or Budget.» Breaking Energy. August 15, 2014. Accessed July 24, 2019. https://breakingenergy.com/2014/08/15/nuclear-construction-never-on-time-or-budget/.

41- المصدر السابق، Cooper

رسم توضيحي (11): رسم يوضح التكلفة الحقيقة والمتوقعة لبناء المفاعلات بداء من تاريخ الإنشاء وتاريخ الانتهاء الفعلي (المصدر: Nuclear Monitor)

Figure IV-2: Actual and Projected Capital Costs by Date of Commencement of Construction, Completed Reactors



Source: Energy Information Administration, January 1, 1986.

ما زال ارتفاع التكلفة وتجاوز الميزانيات الأولية معتادًا في المشروعات الأحدث، فمثلًا كانت التكلفة المقترحة لبناء مفاعل نووي في ولاية ماريلاند الأمريكية عام 2004 تتراوح بين 2 إلى 2.5 مليار دولار وبحلول 2008 بلغت التكلفة 9.6 مليار دولار، ومن المتوقع أن تبلغ التكلفة الفعلية عند اكتمال البناء من 13 إلى 15 مليار دولار[42].

5 - تكاليف مستترة

أ- الدعم

لا تقدر المحطات النووية على المنافسة على أساس اقتصادي في الأسواق دون دعم هائل، الدعم يعني إخفاء التكلفة الحقيقية وتحويل أعبائها إلى كاهل المستهلكين ودافعي الضرائب[43]. ولهذا السبب عادة لا تبنى المحطات النووية في الدول التي لديها سوق تنافسية حرة للكهرباء[44].

42- المصدر السابق، Smith

43- المصدر السابق، Cooper

44- UNFAIR AID: The Subsidies Keeping Nuclear Energy Afloat.» Nuclear Monitor. World Information» Service on Energy. June 24, 2005. Accessed June 18, 2019. https://www.wiseinternational.org/nuclear-monitor/630-631/unfair-aid-subsidies-keeping-nuclear-energy-afloat

"يُعتبر الدعم والحوافز الحكومية من التكاليف المستترة أو المتخفية في مشروعات الطاقة النووية، قد يؤدي الدعم المستتر إلى خفض حساب تكاليف الكهرباء النووية لكن بشكل مغلوط لأن انخفاض حساب التكاليف لا يعني أن الموارد لم تُستهلك، يجب إضافة قيمة كافة أشكال الدعم للوصول إلى تقدير كامل للتكلفة[45]."

يمكن تقديم الدعم إلى الصناعة النووية في عدة أشكال مثل[46]:

- الحد من مبلغ التأمين الأساسي.
- توفير ضمانات القروض وتوفير مزايا وحوافز ضريبية.
- عقد اتفاقيات تضمن شراء الطاقة الكهربائية.
- تقليل مسؤولية مشغلي المحطة النووية عن جبر الضرر في حالة وقوع حادث أو هجوم خطر.
- توفير الدعم لعمليات التفكيك والتخلص من النفايات.

دعم الطاقة النووية في مصر

"تقدم القوانين في مصر أنواعاً كثيرة من الدعم إلى مشروع الضبعة النووي، خصوصًا بعد التعديلات الأخيرة. يعفي القانون المصري هيئة المحطات النووية، مالكة المحطة، من الضرائب الجمركية وغيرها من الضرائب والرسوم، ومن كافة الضرائب على فوائد القروض الأجنبية، كما يُعفي الشركات المُتعاقدة من الباطن من الرسوم الجمركية والضرائب، وكذلك يعفيها من الالتزام بالحد الأدنى لمعدل توزيع الأرباح، كما يعفي الأجانب العاملين في المشاريع من جميع الضرائب على المرتبات والأجور وغير ذلك من الإعفاءات والتسهيلات[47]."

ب- إهمال التكاليف الخارجية

"لا تدفع الصناعة النووية التكاليف الخارجية *externalities*، ولكن المجتمع يدفعها، وقد تشمل التكاليف الخارجية، على سبيل المثال لا الحصر، التكاليف البيئية وتكاليف الرعاية الصحية وتكاليف مكافحة التلوث وتكاليف تغير المناخ."

نادرًا ما تُحسب التكاليف الخارجية مع أنها ضخمة، وقد قدَّرت إحدى الدراسات التكلفة الخارجية لدول الاتحاد الأوروبي من الصناعة النووية بمقدار 2.7 مليار يورو سنويًّا[48]. حساب التكاليف الخارجية ليس مهمة بسيطة، بسبب اعتمادها الكبير على الافتراضات والنماذج ولكن عدم حسابها نهائيًّا يعني أنها تساوي صفرًا وهو أمر غير عادل[49].

45- المصدر السابق، Cooper

46- Fatal Flaws of Nuclear Energy, Public Citizen. April 2006. Accessed 18 July 2019. https://www.citizen.org/wp-content/uploads/fatalflawssummary.pdf

47- Egyptian Initiative for Personal Rights.» EIPR Objects to Nuclear Energy Laws and Demands That Nuclear» Plant Contracts Not Be Signed before Laws Are Reviewed. December 10, 2017. Accessed June 18, 2019. https://eipr.org/en/press/2017/12/eipr-objects-nuclear-energy-laws

48- المصدر السابق، False Promises

49- المصدر السابق

الفصل الثالث: تبعات خَطرة على الصحة والبيئة

1 - ملخص الفصل

الطاقة النووية ليست طاقة نظيفة. كل عنصر من عناصر دائرة إنتاج الوقود النووي يُطلق جزيئات مُشعة سامة. يؤدي الإشعاع الأيوني إلى كسر روابط الجزيئات ما يتسبب في تفاعلات كيماوية لا يمكن التنبؤ بنتائجها، والتعرض المُكثف للإشعاع الأيوني يؤدي إلى الموت في مدى عدة أيام أو أسابيع، والتعرض إلى نسب منخفضة من الإشعاع -على مدى فترات طويلة-يؤدي إلى الإصابة بالسرطان.

ينتُج عن تشغيل المحطات النووية كميات كبيرة من المواد المشعة، وتسمح القوانين المنظمة للأنشطة النووية بتسرب نسب محددة من هذه المواد المشعة إلى البيئة المحيطة بافتراض أن نسب الإشعاع منخفضة إلى درجة لا تؤثر على صحة الإنسان، ولكن هذا الفرض ثبت أنه غير صحيح.

منذ ثمانينيات القرن العشرين، والسكان الذين يعيشون بالقرب من منشآت نووية يشتكون من تزايد حالات السرطان، خصوصًا بين أطفالهم، وقد أكدت عديد من التقارير والأبحاث العلمية هذه الظاهرة، رغم هذا أحجمت بعض الأبحاث عن التأكيد على العلاقة بين زيادة حالات السرطان وإشعاعات المنشآت النووية القريبة بدعوى أن مستويات هذه الإشعاعات منخفضة وغير ضارة، لكن في عام 2006 صدر تقرير حاسم عن «لجنة المجلس القومي الأمريكي للبحث عن تأثيرات المستويات المنخفضة من الإشعاعات» والذي خلُص إلى أنه لا يوجد ما يسمى «جرعة آمنة» مهما كانت ضئيلة من الإشعاعات الأيونية.

تحتاج محطات الطاقة النووية كميات هائلة من المياه من أجل التبريد، هذه الكميات الضخمة يتم سحبها ثم إعادة تصريفها ساخنة ومحملة بالرواسب في المجاري المائية القريبة وهو ما يؤثر سلبًا على النظام البيئي وعلى جودة المياه فيها.

تقع محطة الضبعة النووية على شاطئ البحر المتوسط. الذي يعاني بوجه عام من ضغوط بيئية شديدة، بينما يُعد شرق المتوسط، حيث تقع الضبعة، استثناءً نادرًا من تدهور هذا النظام البيئي حيث تتميز هذه المنطقة بأنها واحدة من أفضل المناطق البحرية في العالم والتي تمتاز بالمياه الصافية المناسبة للسباحة وصيد الأسماك.

يؤثر إنشاء محطة الطاقة النووية في الضبعة سلبًا على جودة المياه وعلى تنوع النظام البيئي في المنطقة، وقد يؤثر هذا التدهور المحتمل في أنشطة الصيد والسباحة التي تعتمد عليهما.

2 - الإشعاع من المحطات النووية

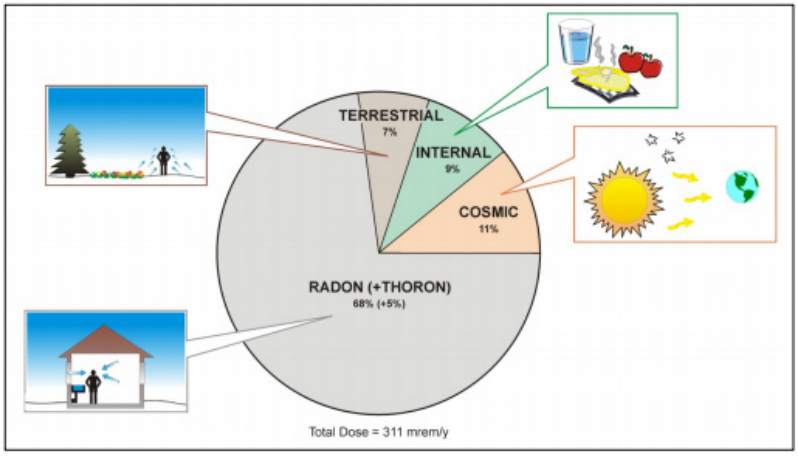
الإشعاع هو طاقة تنتقل في شكل موجات، وأحيانًا في جزيئات مثل الضوء المرئي والأشعة فوق البنفسجية وموجات الراديو وغيرها. وكل نوع من أنواع الإشعاع له خصائص مختلفة، ويمكن للإشعاع غير المؤين أن يهز أو يحرك الجزيئات، في حين يمكن للإشعاع المؤين أن يكسر الروابط الجزيئية ما يسبب تفاعلات كيميائية لا يمكن التنبؤ بنتائجها[50].

يتعرض البشر بشكل يومي إلى الإشعاع من مصادر متعددة مثل التربة والمباني والهواء والغذاء والكون، وتختلف كمية الإشعاع

50- Cindy Folkers, Radiation Basics, Nuclear Information and Resource Service. Accessed June 18 2019. https:// www.nirs.org/wp-content/uploads/radiation/radiationbasics.pdf

الأرضي الصادر عن الصخور والتربة باختلاف المناطق الجغرافية، وتتراوح متوسط كمية التعرض السنوي من مصادر مُشعة طبيعية من واحد إلى عشرة ميلليسفرتmSv [وحدة قياس الإشعاع المؤين] بمتوسط قدره 2.4 mSv ميلليسفرت[51].

رسم توضيحي (12): مصادر التعرض الطبيعي للإشعاع في الولايات المتحدة (المصدر: United States Nuclear Regulatory Commission)



"لا يخلو حتى التعرض إلى المصادر الطبيعية للإشعاع من خطر، يعتبر غاز الرادون المسئول عن حوالي نصف كمية الإشعاع الطبيعي هو السبب الرئيسي الثاني لسرطان الرئة في الولايات المتحدة، إذ يُسبب من 15 ألف إلى 22 ألف حالة وفاة بسرطان الرئة سنوياً[52]."

يعتبر زيادة ما يتعرض له البشر من إشعاع عن طريق إنشاء المحطات النووية عملًا يفتقر إلى أي حكمة. أطلق الإنسان عناصر مُشعة لم تكن معروفة في الطبيعة من قبل (النويدات المُشعة) عن طريق إنشاء المحطات النووية وإنتاج وتجربة القنابل النووية[53].

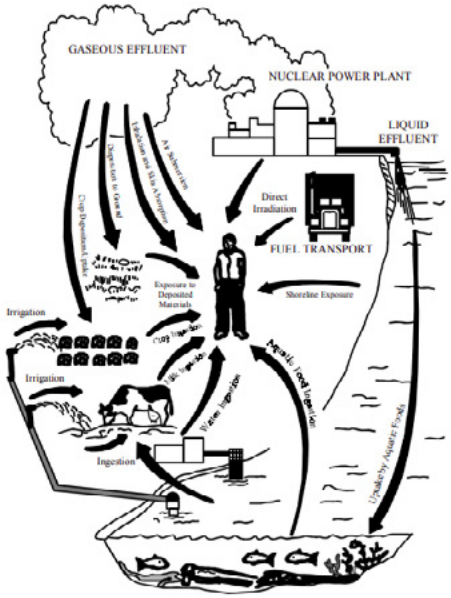
51- Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation: BEIR VII Phase 2» at NAP.edu.» National» Academies Press: OpenBook. 2006. Accessed June 18, 2019. https://www.nap.edu/read/11340/chapter/1

52- Radon and Cancer.» National Cancer Institute. December 6, 2011. Accessed June 18, 2019. https://www.cancer.gov/about-cancer/causes-prevention/risk/substances/radon/radon-fact-sheet#q6

53- المصدر السابق، Radiation Basics

"عند تشغيل المحطات النووية، تنجم كميات كبيرة من المواد المُشعة تتسرب نسبة منها إلى البيئة في هيئة انبعاثات غازية أو سائلة. من هذه العناصر المشعة الكربيتون، الزينون، اليود، البروم، الكوبالت، السيزيوم، الكروم، التريتيوم، الزركونيوم [54]."

رسم توضيحي (13): بعض مسارات تسريب الغاز والسوائل المشعة بعد التشغيل وكيفية تسريبهم إلى البيئة (المصدر: **(Reactor Concepts Manual: Radioactive Waste Management**



وبالإضافة إلى الانبعاثات الروتينية للمواد المشعة من المحطات، يحدث أحيانًا زيادة في كميات المواد المشعة من المحطة إلى البيئة يسمونه «تسرب غير مقصود» للمواد المشعة، على سبيل المثال وثّقت لجنة الرقابة النووية الأمريكية 14 حادث «تسرب غير مقصود» للسوائل المشعة من المنشآت النووية خلال الفترة من 1986 إلى 2006. من بينها حالات تسرب من أحواض الوقود المستنفد أو هياكل خزانات ومعدات تخزين المكثفات[55].

54- Committee on the Analysis of Cancer Risks in Populations near NuclearFacilities-Phase I. «TABLE 2.2, Common Radionuclides in Reported Liquid Effluent Releases from Nuclear Plants - Analysis of Cancer Risks in Populations Near Nuclear Facilities - NCBI Bookshelf.» National Center for Biotechnology Information. March 29, 2012. Accessed June 18, 2019. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK201991/table/tab2_2/?report=objectonly

55- المصدر السابق، 'Table 2.2, Common Radionuclides'.

3 - تأثير التعرض للإشعاع على الصحة

يؤدي التعرض إلى الإشعاع المؤين إلى آثار صحية فورية وأخرى متأخرة حسب كمية الإشعاع والمدى الزمني للتعرض، يتسبب التعرض لجرعات مكثفة جدًّا من الإشعاع في الإصابة بمتلازمة الإشعاع الحاد والتي من بين أعراضها تساقط الشعر وحروق الجلد والغثيان وعسر الجهاز المعوي... قد تؤدي متلازمة الإشعاع الحاد إلى الوفاة في مدى أيام أو أسابيع.

ويؤدي التعرض لمستويات منخفضة على المدى الطويل إلى الإصابة بأنواع مختلفة من السرطان[56]

مثلًا، يسبب البلوتونيوم 23 سرطان الغدد الليمفاوية والدم، ويسبب اليود 131 سرطان الغدة الدرقية، والسترونتيوم 90 سرطان الثدي، والسيزيوم 137 سرطان الخلايا العضلية[57].

تنظم القوانين في البلاد المختلفة نسب التعرض المسموح به للإشعاع ، على سبيل المثال تحدد الولايات المتحدة الأمريكية حدًّا أقصى قدره واحد ميلليسفرت سنويًّا لعامة الناس، وحد أُقصى 50 ميلليسفرت سنويًّا للعاملين في المنشآت ولا يتجاوز100 ميلليسفرت في مدى خمس سنوات متعاقبة.

الوحدة الواحدة من الميلليسفرت = 100 وحدة من الإشعاع المؤين في كل ملم مكعب[58].

وتزعم الرابطة النووية العالمية التي تمثل الشركات النووية[59]، وكذلك اللجنة الرقابية النووية في الولايات المتحدة، وعدد من الهيئات النووية الرقابية في العديد من البلدان، أن المستويات المنخفضة التي تقل عن الحدود المسموح بها قانونا من التعرض للإشعاع لا تؤثر سلبًا في صحة الإنسان. وأن الآثار البيولوجية الناجمة عن التعرض للإشعاع ضئيلة إلى درجة أنه ربما لا يمكن اكتشافها[60]، لكن هذا ليس دقيقا

اللوكيميا في الأطفال جيران المفاعلات النووية

"تراكمت الأدلة على الضرر الصحي الناجم عن التعرض المزمن لمستويات منخفضة من الإشعاع حتى لو كانت ضمن النسب المسموح بها قانونا فمنذ الثمانينيات من القرن الماضي تتوالى شكاوى السكان الذين يعيشون بالقرب من المنشآت النووية من زيادة الإصابة بالسرطان، خاصة بين أطفالهم. وأكدت ذلك العديد من الدراسات والأبحاث، التي أُجريت على مر السنين للتحقق من هذه الظاهرة:"

56- CDC Radiation Emergencies | Acute Radiation Syndrome.» Centers for Disease Control and Prevention.» April 4, 2018. Accessed June 18, 2019. https://www.cdc.gov/nceh/radiation/emergencies/ars.htm?CDC_AA_refVal=https://emergency.cdc.gov/radiation/ars.asp' See also, Smith, 'Nuclear Roulette

57- Kyne, Dean, and Bob Bolin. «Emerging Environmental Justice Issues in Nuclear Power and Radioactive Contamination.» International Journal of Environmental Research and Public Health 13, no. 7 (2016): 700. Accessed June 18, 2019. doi:10.3390/ijerph13070700.

58- NRC Occupational Dose Limits, United States Nuclear Regulatory Commission. Accessed June 19 2019. https://www.nrc.gov/images/about-nrc/radiation/dose-limits.jpg

59- Kyne, Dean, and Bob Bolin، المصدر السابق

60- Statements from Governments and Expert Panels Concerning Health Effects and Safe Exposure Levels of Radiofrequency Energy (2000-2010), October 4 2010. EMF & Health. Accessed June 19 2019. http://www.emfandhealth.com/Expert_Reviews_Quotations_2000-2010__10-04-10_.pd

أشارت دراسة أجراها المكتب البريطاني للتعداد والمسح السكاني على الحالات التي حدثت في الفترة من1959 إلى 1980، إلى ارتفاع نسبة الإصابة بسرطان الدم لدى الأطفال في محيط مرفق إعادة معالجة الوقود النووي المُستنفد في سيلافيلدSellafield في إنجلترا[61].

ولاحقًا أُجريت دراسة في نفس المنطقة لتغطي الفترة من 1984 إلى 1990، وخلصت إلى نفس النتائج السابقة[62].

كما كُشف عن ارتفاع معدلات الإصابة بسرطان الدم لدى الأطفال الذين يعيشون في نطاق عدة كيلومترات من قاعدتين عسكريتين للأسلحة النووية في ألدرماستون وبيرجفيلدAldermaston and Burghfield في بريطانيا (عام 1989)[63].

وأكدت «لجنة الجوانب الطبية للإشعاع في البيئة» التقارير الصادرة عام 1986 عن زيادة الإصابة بسرطان الدم بين الشباب الذين يعيشون بالقرب من مؤسسة دونريDounreay النووية شمال إسكتلندا[64].

خلصت الدراسات التي أجراها مجلس مراقبة الطاقة الذرية في كندا (في عامي1989و1991)إلى زيادة انتشار سرطان الدم لدى الأطفال الذين يعيشون بالقرب من المنشآت النووية[65]

كشف المعهد الوطني الأمريكي للسرطان عن زيادة كبيرة في الإصابة بسرطان الدم في مرحلة الطفولة في المقاطعات الأقرب إلى المفاعلات النووية (عام 1990)[66].

أفادت دراسة عن زيادة معدل إصابة الأطفال بالأورام الخبيثة في 20 منطقة تحيط بالمنشآت النووية الرئيسية في ألمانيا، بنسبة 10% خاصة في المناطق التي تقع على مسافة أقل من خمسة كيلومترات من المفاعل (عام 1992)[67].

61- Forman, David, Paula Cook-Mozaffari, Sarah Darby, Gwyneth Davey, Irene Stratton, Richard Doll, and Mal- colm Pike. «Cancer near Nuclear Installations.» Nature 329, no. 6139 (October 8, 1987): 499-505. Accessed June 19, 2019. doi:10.1038/329499a0.

62- Draper, G. J., C. A. Stiller, R. A. Cartwright, A. W. Craft, and T. J. Vincent. «Cancer In Cumbria And In The Vicinity Of The Sellafield Nuclear Installation, 1963-90.» BMJ: British Medical Journal 306, no. 6870 (1993): 89-94. http://www.jstor.org/stable/29718138.

63- Jablon, Seymour, Zdenek Hrubec, and John D. Boice, Jr. «Cancer in Populations Living Near Nucle- ar Facilities.» IAEA Bulletin 265, no. 11 (February 1991): 1403. Accessed June 19, 2019. doi:10.1001/ jama.1991.03460110069026.

64- W. S. WATSON (1996) The measurement of radioactivity in people living near the Dounreay Nucle- ar Establishment, Caithness, Scotland, International Journal of Radiation Biology, 70:2, 117-130, DOI: 10.1080/095530096145111

65- McLaughlin, J.R., Clarke, E.A., Nishri, E.D. et al. Cancer Causes Control (1993) 4: 51. https://doi. org/10.1007/BF00051714

66- Janiak MK. Epidemiological evidence of childhood leukaemia around nuclear power plants. Dose Response. 2014;12(3):349–364. Published 2014 Feb 25. doi:10.2203/dose-response.14-005.Janiak

67- Michaelis, J., Keller, B., Haaf, G. et al. Cancer Causes Control (1992) 3: 255. https://doi.org/10.1007/ BF00124259

وأفاد مسح جامعة أكسفورد لسرطان الأطفال بارتفاع قدره 40% في معدلات إصابة الأطفال تحت 15 عامًا، عند تعرضهم لجرعات منخفضة من الإشعاع، تراوحت من 10 إلى 20 ميلليسفرت (عام 1995)[68].

أشارت دراسات مماثلة عن إصابة الأطفال بالسرطان، بعد التعرض للإشعاع في الرحم أو في عمر مبكر من الحياة، عند جرعات منخفضة تصل إلى 10 ميلليسفرت (عام 1997)[69].

ظهرت زيادة في الإصابة بالسرطان، خصوصًا سرطان الدم بين الأشخاص الأقل من 25 عامًا، والذين يعيشون في نطاق 35 كيلومترًا من محطة لاهايLa Hague لإعادة معالجة النفايات النووية (فرنسا) في الفترة من 1978 إلى 1998(2001)[70].

في 2007، خلُصت دراسة الإشعاع والصحة في منطقة دورهام، في أونتاريو كندا، إلى وجود زيادة ذات دلالة إحصائية في الإصابة بالسرطان (مقارنة بمعدلات الإصابة السابقة في أونتاريو) وذلك في محيط مفاعليّ بيكرينج ودارلينجتونPickering and Darlington النوويين[71].

في عام 2009، أفادت تقارير عن معدل الإصابة بالسرطان بين الأشخاص الذين تقل أعمارهم عن 25 عامًا، والذين يعيشون بالقرب من محطةFermi فيرمي النووية في ميتشيجان بالولايات المتحدة، بأن المعدلات ارتفعت إلى أكثر من ثلاثة أضعاف عن متوسط الإصابة في الولاية منذ عام 1988[72].

في عام 2008، قدمت الدراسة الألمانية الشهيرة (KiKK study) أدلة دامغة على وجود علاقة إيجابية بين خطر إصابة الأطفال بسرطان الدم والسكن بالقرب من محطات الطاقة النووية. وكانت الحكومة الألمانية قد تعاقدت مع مشروع سجل سرطان الطفولة في جامعة ماينز لإجراء الدراسة[73].

68- المصدر السابق، 'Health Risks from Exposure'.

69- R Doll, and R Wakeford, Risk of Childhood cancer from fetal irradiation. Imperial Cancer Research Fund Cancer Studies Unit, Radcliffe Infirmary, Oxford UK. An International Journal of Radiology, Radiation, British Institue of Radiology. Published January 28, 2014. Volume 70, Issue 830.https://doi.org/10.1259/bjr.70.830.9135438

70- Guizard AV, Boutou O, Pottier D, et al. The incidence of childhood leukaemia around the La Hague nuclear waste reprocessing plant (France): a survey for the years 1978-1998. J Epidemiol Community Health. 2001;55(7):469–474. doi:10.1136/jech.55.7.469

71- المصدر السابق، McLaughlin

72- Melzr, Eartha Jane. «CANCER QUESTIONS GROW AROUND FERMI NUCLEAR PLANT IN MICHIGAN.» Precaution. February 17, 2009. Accessed June 19, 2019. http://www.precaution.org/lib/09/prn_cancer_near_fermi_plant.090217.htm

73- Kaatsch, Peter, Claudia Spix, Sven Schmiedel, Renate Schulz-Rath, Andreas Mergenthaler, and Maria Blettner. «Epidemiologische Studie Zu Kinderkrebs in Der Umgebung Von Kernkraftwerken : (KiKK-Studie) ; Zusammenfassung / Summary ; Teil1: Fall-Kontroll-Studie Ohne Befragung ; Teil 2: Fall-Kontroll-Studie Mit Befragung ; Vorhaben StSch 4334.» DORIS. 2007. Accessed June 19, 2019. https://doris.bfs.de/jspui/handle/urn:nbn:de:0221-20100317939

فحصت الدراسة جميع أنواع السرطان في كافة مواقع المفاعلات النووية الستة عشرة في ألمانيا بين عامي 1980 و2003، لدى 1592 مصاباً بالسرطان، تقل أعمارهم عن خمس سنوات باستثناء اللوكيميا وأيضًا 593 أقل من خمس سنوات مصابين باللوكيميا، واتسمت الدراسة بالقوة من الناحية الإحصائية وكانت نتائجها ذات دلالة إحصائية قوية خصوصًا وأنه تم إجراء تحليلات التبعية meta analysis، لتأكيد النتائج[74].

أظهرت الدراسة وجود زيادة قدرها 2.2 ضعفًا في الإصابة بسرطان الدم وزيادة 1.6 ضعفًا في الإصابة بالأورام الخبيثة الصلبة بين الأطفال دون سن الخامسة، الذين يعيشون في نطاق أقل من خمسة كيلومترات حول المنشآت النووية عند مقارنتهم بالمقيمين خارج هذا النطاق. وارتفعت الإصابة بسرطان الدم كذلك في نطاق 10 كيلومترات ولكن بدرجة أقل[75].

من الصعب الاعتقاد بأن هذه الزيادة في حالات الإصابة بالسرطان حول المنشآت النووية هي مجرد صدفة، رغم هذا أحجمت بعض الدراسات عن التأكيد على العلاقة بين زيادة حالات السرطان وإشعاعات المنشآت النووية القريبة بدعوى أن مستويات هذه الإشعاعات منخفضة وغير ضارة، وأن المستويات المنخفضة من الإشعاع تُعتبر آمنة[76].

لكن هذا ليس صحيحً لأنه: لا يوجد مستويات آمنة من الإشعاع مهما كانت منخفضة.

ففي 2006، أصدرت اللجنة التي شكلَّها مجلس البحوث القومي الأمريكي للبحث في آثار مستويات منخفضة من الإشعاع المؤين، تقريرًا مهمًّا هو السابع في سلسلة هذه التقارير التي تبحث في تبعات التعرض لجرعة منخفضة من الإشعاعات المؤينة على صحة الإنسان[77].

خلُص تقرير اللجنة إلى أنه لا توجد أي «جرعة منخفضة آمنة» من الإشعاعات المؤينة وأنه «من غير المُحتمل وجود حد أدني من الإشعاع أقل من أن يسبب السرطان»، قدرت اللجنة أن شخصًا واحدًا من بين كل 100 يصاب بالسرطان جرَّاء جرعة مقدارها 0.1 ميلليسفرت أعلى من مستويات الإشعاع الطبيعي، وأن واحدًا في الألف يصاب بالسرطان جرّاء التعرض لجرعة مقدارها 0.01 ميلليسفرت، وأنه في بعض الأحيان قد «يخترق مسار إشعاعي واحد (ينتج عنه أقل تعرض ممكن للإشعاع) نواة خلية قابلة للتلف، فيؤدي إلى إتلاف الحمض النووي لهذه الخلية، وأن الأطفال والنساء بوجه عام هم الأكثر عرضة للمخاطر الإشعاعية»[78].

الخلاصة: ليس هناك أي مستويات آمنة من مخاطر الإشعاع.

74- Ghirga: Cancer in children residing near nuclear power plants: an open question. Italian Journal of Pediatrics 2010 36:60

75- Cathy Vakil and Linda Harvey, Human Health Implications of Uranium Mining and Nuclear Power Generation, May 2009. http://www.abolition2000.org/a2000-files/Human_Health_Implications_Uranium_Mining_and_Nuclear_%20Power_Generation.pdf

76- المصدر السابق، Ghirga

77- المصدر السابق، 'Health Risks from Exposure...'

78- المصدر السابق

4 -تأثير المحطات النووية على المياه والبيئة

تُنتج المفاعلات النووية حرارة كبيرة أثناء عملية الانشطار تتجاوز بكثير القدر المطلوب لتوليد الكهرباء. تعمل المفاعلات النووية بكفاءة تعادل 33% فقط، إذ تنطلق وحدتان من الطاقة الحرارية في البيئة مقابل كل وحدة من الطاقة الكهربائية المولدة، لهذا تحتاج كميات كبيرة من الماء لتبريد الحرارة الزائدة[79].

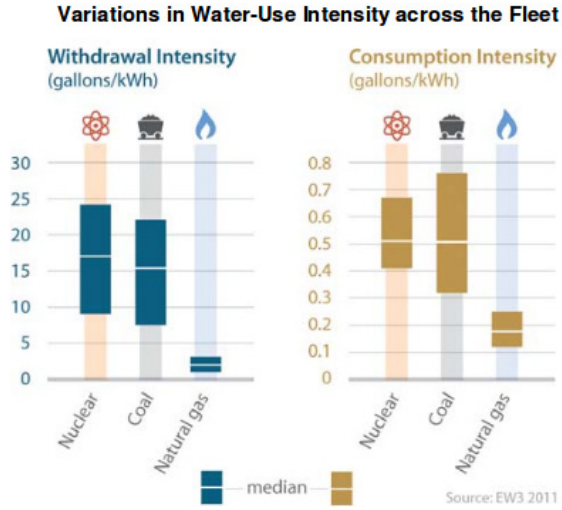
بالنسبة لمحطة قدرتها ألف ميجاوات في المتوسط، يسحب نظام التبريد في الدورة الواحدة حوالي 500 ألف جالون في الدقيقة، بينما يسحب نظام تبريد الدورة المغلقة 20 ألف جالون من المياه في الدقيقة[80].

تُهدر محطات الطاقة النووية كميات هائلة من المياه مقارنة بغيرها.

تسحب المحطة النووية ما يقرب من ثمانية أضعاف كمية المياه التي تستهلكها محطات الغاز الطبيعي في المتوسط، وكمية أكبر من محطة الفحم بنسبة 11% في المتوسط.

تستهلك محطة الطاقة النووية ثلاثة أضعاف كمية المياه التي يستهلكها الغاز الطبيعي لكل وحدة من الطاقة المنتجة، وأكثر بحوالي 4% من محطات الفحم في المتوسط[81].

رسم توضيحي (14): تنويعات لحدة استهلاك المياه بالنسبة للوقود المستخدم وآليات التبريد (المصدر: Union of Concerned Scientists)



Union of Concerned Scientists. Nuclear Power and Water: Fact Sheet. December 2011. Accessed June 19, -79 2019.https://www.ucsusa.org/sites/default/files/legacy/assets/documents/nuclear_power/fact-sheet-water-use.pdf

Lina P. Funter et al., Licensed to Kill,: How the nuclear power industry destroys endangered marine wildlife -80 adn ocean habitat to save money (2001), available at https://www.nirs.org/wp-content/uploads/reactorwatch/licensedtokill/LiscencedtoKill.pdf

81- المصدر السابق، Licensed to Kill

وفي حالة وقوع حوادث خطرة مثل ارتفاع درجة حرارة المفاعل، يلزم توفير إمدادات كبيرة جدًّا من المياه تتراوح من 10 إلى 30 ألف جالون من المياه في الدقيقة لمدة 30 يومًا على الأقل بعد إيقاف التشغيل[82].

تتسبب أنظمة التبريد في المفاعلات النووية في تدمير النظام البيئي للمجاري المائية المجاورة لها؛ حيث تُسحب كميات ضخمة من المياه عبر أنفاق أو أنابيب بقوة كبيرة وتحمل معها الكائنات والأسماك والحيوانات البحرية التي لا تستطيع مقاومة قوة السحب الهائلة، تُحاصر الحيوانات البحرية الكبيرة مثل السلاحف بين شبكات الأسلاك والقضبان الحديدية وتموت، أما الكائنات والأسماك الأصغر حجمًا فتدخل إلى نظام تبريد المفاعل وغالبًا ما تُسحق في الماء الساخن وتكون رواسب يتم تصريفها في المجاري المائية.

تغطي الرواسب والكائنات المتحللة المجاري المائية بطبقة ثقيلة تحد من وصول الضوء والأكسجين إلى الكائنات البحرية وتؤدي إلى تدهورها، كما يؤدي رفع درجة حرارة المياه إلى إصابة الكائنات والطيور البحرية بالأمراض وإلى اجتذاب أنواع أخرى غازية[83].

تُترك مخلفات الحفر الصلبة مكومة بجوار مناجم اليورانيوم وتكون عرضة إلى حوادث تؤدي إلى انتشار المخلفات المشعة، على سبيل المثال انفجر 94 مليون جالون من مخلفات سائلة كانت محتجزة خلف سد احتواء في نيومكسيكو عام 1979 ما أدى إلى ضخ كثير من النفايات المشعة في نهر ريو بويركو، وفي عام 1984، تسبب فيضان مفاجئ في تسريب أربعة أطنان من مخلفات المناجم إلى نهر كولورادو الذي يوفر المياه لنيفادا وجنوب كاليفورنيا[84]. كما أن تعدين اليورانيوم يطلق غاز الرادون وأنواعًا من المواد المشعة طويلة العمر من الأرض فتلوث الهواء والأرض والمياه وكما ذكرنا فقد وجد أن غاز الرادون مسئول عن حوالي نصف حالات سرطان الرئة في الولايات المتحددة.

5 - التأثير على البيئة في منطقة الضبعة

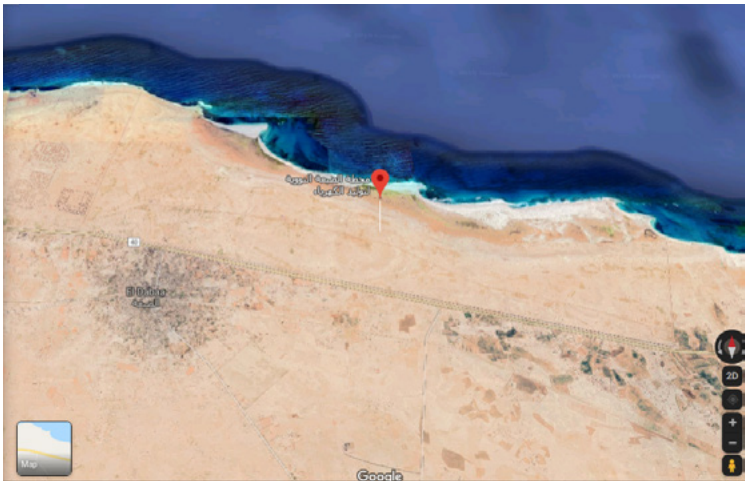
ينفذ مشروع محطة الضبعة النووية على ساحل البحر المتوسط، على مساحة 45 كيلومترًا مربعًا بطول 15 كيلومترًا بين الإسكندرية ومرسى مطروح، وتقع المحطة على بُعد خمسة كيلومترات من منتجعات الساحل الشمالي بالم دي مايوركا وكورونادو الساحل الشمالي.

82- How It Works: Water for Power Plant Cooling.» Union of Concerned Scientists. Accessed June 19, 2019.» https://www.ucsusa.org/clean-energy/energy-and-water-use/water-energy-electricity-cooling-power-plant#.XE-RHvdIzZdg

83- المصدر السابق، Licensed to Kill

84- المصدر السابق، False Promises

رسم توضيحي (15): موقع محطة الضبعة (المصدر: Google Earth)



البحر المتوسط نظام بيئي بحري غني، لكنه واقع تحت ضغوط شديدة بسبب الأنشطة البشرية المتعددة، ففيه تمر ثلث حركة الملاحة البحرية العالمية وهو الوجهة السياحية الأولى عالميًّا بالإضافة إلى صيد الأسماك الجائر وتعرضه للتلوث من المصادر البرية ومن النمو الهائل في استكشاف واستخراج البترول والغاز من قاعه[85].

وتكشف المؤشرات البيئية مثل مؤشر الكتلة الحيوية، والمستويات الغذائية ومؤشرات صيد وتنوع الأسماك، مدى تدهور هذا النظام الإيكولوجي بشكل عام وتأثير هذا التدهور سلبًا في الأنشطة الاقتصادية المعتمدة عليه، مثل الصيد والسياحة[86].تُعد منطقة شرق المتوسط، حيث تقع الضبعة، استثناءً نادرًا من هذا التدهور في النظام البيئي للبحر المتوسط

> **"تُعتبر المنطقة التي تقع فيها محطة الضبعة واحدة من أفضل المناطق البحرية في العالم المناسبة للسباحة وصيد الأسماك[87]. تعتبر المنطقة استثناء نادرًا للشواطئ المصرية أيضًا مقارنة بشواطئ الإسكندرية أو الدلتا[88]. ومن شأن وجود المحطة النووية في الضبعة، أن تؤثر سلبًا في التنوع البيئي وفي نوعية المياه والأنشطة الاقتصادية التي تعتمد عليها مثل الصيد والأنشطة السياحية، وهو تأثير لا يمكن تعويضه."**

The 2016 Status of Marine Protected Areas in the Mediterranean: Main Findings. MedPan, RAC/SPA. 2016. -85 Accessed June 19 2019. http://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/medpan_forum_mpa_2016___brochure_a4_en_web_1_.pdf

Piroddi, Chiara, Marta Coll, Camino Liquete, Diego Macias, Krista Greer, Joe Buszowski, Jeroen Steenbeek, -86 Roberto Danovaro, and Villy Christensen. «Historical Changes of the Mediterranean Sea Ecosystem: Modelling the Role and Impact of Primary Productivity and Fisheries Changes over Time.» Scientific Reports 7, no. 1 .(March 14, 2017). Accessed June 19, 2019. doi:10.1038/srep44491

Gharib, Samiha M., Zeinab M. El-Sherif, Ahmed M. Abdel-Halim, and Ahmed A. Radwan. «Phytoplankton and Envi- -87 ronmental Variables as a Water Quality Indicator for the Beaches at Matrouh, South-eastern Mediterranean Sea, Egypt: An Assessment.» Oceanologia 53, no. 3 (September 26, 2011): 819-36. Accessed June 19, 2019. doi:10.5697/oc.53-3.819

Annual report on water quality data from the coastal waters of The Mediterranean Sea, 2000. Ministry of Energy and -88 Renewable Energy. Accessed on June 19 2019. http://www.eeaa.gov.eg/eimp/reports/EIMP%20Med_%20water%20rep_2.pdf

الفصل الرابع: المخلفات النووية قضية بلا حل

رسم توضيحي (16): حاوية قديمة للمواد المشعة (المصدر: shutterstock)

1- ملخص الفصل

بحلول عام 2020 ستبلغ المخلفات النووية من الوقود المستنفد حوالي 445 ألف طن. والوقود المستنفد أكثر إشعاعا بملايين المرات من وقود اليورانيوم «الطازج» ويبقى مشعًّا لآلاف السنين.

رغم استمرار تراكم المزيد من هذه المخلفات الخطرة لا يلوح أي حل طويل المدى في الأفق المنظور، ففي جميع أنحاء العالم تُستخدم أحواض أو براميل جافة لتخزين هذه الكميات الكبيرة من المخلفات عالية الإشعاع دون حل نهائي معلوم.

يُعتقد أن المستودعات الجيولوجية العميقة هي أكثر طرق تخزين النفايات النووية أمانًا، لكن لم تقم أي دولة ببناء مثل هذه المستودعات حتى الآن باستثناء فنلندا ومن المقرر أن تصل تكلفة المستودع إلى حوالي 3.5 مليار يورو.

تشكل النفايات المتراكمة خطراً وشيكًا يتمثل في إمكانية تسرب المواد المشعة إلى البيئة من جراء سوء التخزين أو الحوادث أو أسباب أخرى، هناك سجل حافل لحالات تم التخلص فيها من مخلفات نووية بطريقة خاطئة أو تفتقر إلى القواعد الصحيحة أو حتى تم إلقاؤها وتركها عرضة للتآكل أو للسرقة.

لم يُحظر إلقاء النفايات في المحيطات حتى تسعينيات القرن الماضي، وأخيرا اكتشف العلماء أدلة على وجود نشاط إشعاعي مرتفع في قاع البحر وفي الحياة البحرية. الآن تعود النفايات المشعة التي تخلصنا منها سابقا مرة أخرى إلى أجسامنا وإلى طعامنا.

تراكم النفايات النووية يفاقم من خطر انتشار الأسلحة النووية ولا تعتبر معالجة الوقود المستهلك حلًّا للمشكلة.

2 - أكوام من الخطر

تُعد النفايات النووية من الوقود المستنفد أكثر إشعاعًا من وقود اليورانيوم «الطازج» بملايين المرات، وتبقى كذلك لفترة طويلة جدًّا[89].

"يتراكم أكثر من عشرة آلاف طن متري من المعادن الثقيلة سنويًّا في جميع أنحاء العالم من مخلفات الوقود النووي. ويُقدر أن إجمالي كمية الوقود المستنفد المتولد بحلول عام 2020 ستبلغ حوالي 445 ألف طن[90]."

بعض الذرات المشعة في الوقود المُستهلك لها عمر افتراضي طويل جدًّا:

- نصف عمر البلوتونيوم 24 ألف سنة[91]
- نصف عمر التكنيتيوم Tc99 حوالي 220 ألف سنة[92]
- نصف عمر السيزيوم 137 والسترونتيوم 90 حوالي 30 سنة[93].

رسم توضيحي (17): براميل نفايات مُشعة (المصدر: Shutterstock)

89- Mary Olson. NIRS Energy Fact Sheet: Reprocessing Is Not the «Solution» to the Nuclear Waste Problem. Nuclear Information and Resource Service. January 2006. Accessed June 21 2019. https://www.nirs.org/wp-content/uploads/factsheets/reprocessisnotsolution.pdf

90- Storage and Disposal of Spent Fuel and High Level Radioactive Waste. 2006. International Atomic Energy Agency. Accsessed June 24 2019. https://www-legacy.iaea.org/About/Policy/GC/GC50/GC50InfDocuments/English/gc50inf-3-att5_en.pdf

91- «Plutonium Backgrounder.» United States Nuclear Regulatory Commission - Protecting People and the Environment. March 2017. Accessed July 22, 2019. https://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/fact-sheets/plutonium.html

92- «Technetium 99.» Radioactivity. Accessed July 22, 2019. http://www.radioactivity.eu.com/site/pages/Technetium_99.htm.

93- «Hazardous Isotopes.» Radioactivity and Radiation. Accessed July 22, 2019. https://www.geigercounter.org/radioactivity/isotopes.htm.

يتمثل الخطر من المخلفات النووية المتراكمة في إمكانية تسرب المواد المشعة إلى البيئة والإنسان. كما أن هناك سجلًّا حافلًا لحالات تم فيها التخلص من مخلفات نووية بطريقة غير آمنة أو خاطئة أو حتى تم تركها عرضة للتآكل أو للسرقة.

على سبيل المثال، في عام 1968، انتشرت النفايات المخزَّنة في بحيرة كاراتشاي في الاتحاد السوفييتي على المنطقة أثناء عاصفة ترابية بعد جفاف البحيرة جزئيًّا[94].

في عام 1975، انهارت منشأة للنفايات المشعة منخفضة المستوى في ولاية كنتاكي، تحت وابل من الأمطار الغزيرة، وتحولت إلى خنادق ممتلئة بالمياه المُشعة[95].

وفي 2018 كشفت السلطات الصحية الأمريكية عن تسرب مواد مشعة من براميل النفايات المخزنة في منطقة سانت لويس بالولايات المتحدة لوّثت التربة ووصلت إلى جدول ماء كولد ووتر القريب[96].

كما كان النبش في المخلفات النووية المتروكة سبباً في العديد من حالات التعرض للإشعاع، خصوصًا في بعض البلدان التي تحولت إلى سوق للنفايات والخردة النووية وفي الدول النامية التي تفتقر إلى أساليب محكمة لتخزين المواد الخطرة وانعدام الثقافة العامة بشأن النشاط الإشعاعي ومخاطره.

في الغالب فإن حجم التلوث من النفايات المشعة أكبر مما نعرف بكثير. يمكن العثور على سجلات أخرى لحوادث المخلفات النووية في هذه المصادر [97]

Alexey O. Merkushin, Karachay Lake is the Storage of the Radioactive Wastes under Open Sky. Ozyorsk -94 Technological Institute of Moscow Physical Engineering Insitute. Accessed June 20 2019. https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/33/011/33011239.pdf

Directions in Low-Level Radioactive Waste Management: A Brief History of Commercial Low-Level Radio- -95 active Disposal. Idaho National Engineering Laboratory EG&G Idaho, Inc. August 1994. Accessed June 20 2019. https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/26/026/26026627.pdf

CBS News. «Federal Health Officials Agree Radioactive Waste in St. Louis Area May Be Linked to Cancer.» -96 CBS News. August 07, 2018. Accessed June 20, 2019. https://www.cbsnews.com/news/radioactive-waste-can-./cer-federal-health-officials-acknowledge-possible-link

Kennedy, Duncan. «Mafia ‹sank Ships of Toxic Waste›.» BBC News. September 16, 2009. Accessed June 20, -97 2019. http://news.bbc.co.uk/2/hi/europe/8257912.stm

رسم توضيحي (18): في 14 فبراير 2014، تسربت المواد المشعة من وحدة لعزل النفايات في المحطة النووية في نيو مكسيكو، عبر أسطوانة تخزين تالفة بسبب استخدام مواد تعبئة غير مناسبة (المصدر: ويكيبيديا)

خطر انتشار الأسلحة النووية

"يحتوي كل طن من مخلفات الوقود المستنفد على حوالي عشرة كيلوجرامات من البلوتونيوم يكفي لإنتاج قنبلة نووية. تستطيع وحدة إعادة المُعالجة استخلاص كمية من البلوتونيوم تكفي لصنع قنبلة نووية يومياً. أو يمكن تحويل الوقود النووي المُستنفد بسهولة إلى «قنابل قذرة»، وهي قنابل تستخدم المتفجرات التقليدية لتفجير مواد مشعة في منطقة واسعة، ولا يحتاج صنعها إلى قدرات صناعية كبيرة[98]."

لا حلول في الأفق

اقتصرت سياسة إدارة النفايات النووية حتى الآن على مجرد تخزينها مؤقتًا وتأجيل أداء ما يجب فعله إلى ما بعد. وبينما تعتبر المستودعات الجيولوجية العميقة هي أكثر طرق تخزين النفايات النووية أمانًا، فلم تقم أي دولة ببناء مثل هذه المستودعات باستثناء فنلندا، ويُحتفظ بهذه الكميات من المواد العالية الإشعاع ببساطة في أحواض مؤقتة وبراميل جافة في جميع أنحاء العالم.

بدأت فنلندا في بناء هذا المستودع «أونكالو» عام 2004، ويستغرق بناؤه أكثر من مئة عام ومن المقرر أن تصل تكلفته إلى 3.5 مليار يورو[99].

ويُفترض أن يصمد المستودع لمدة مئة ألف عام، وهي فترة طويلة جدًّا، ولهذا هناك شكوك حول ما إذا كانت حتى تلك المستودعات، في حال بنائها، قادرة على الصمود مثل هذه الفترات ومقاومة تحولات الألواح التكتونية لقشرة الأرض التي تستطيع تحريك التلال الجبلية وإزالة الجُزر من البحر، وأن تبقى دون أن يمسها أحفادنا لمئات الآلاف من السنين[100].

"ما زالت مشكلة المخلفات النووية مشكلة بلا حل وإرثًا قبيحًا نتركه للأجيال القادمة."

98- المصدر السابق، Gar Smith

99- Kauranen, Anne. «Finns to Bury Nuclear Waste in World›s Costliest Tomb.» Phys.org. June 07, 2016. Accessed July 27, 2019. https://phys.org/news/2016-06-finns-nuclear-world-costliest-tomb.html#jC.

100- Zyga, Lisa. «Why Nuclear Power Will Never Supply the World›s Energy Needs.» Phys.org. May 11, 2011. Accessed July 27, 2019. https://phys.org/news/2011-05-nuclear-power-world-energy.html#jCp.

3 - أجسامنا مكبات للنفايات

على مدى عقود من الزمن، استخدمت الصناعة النووية المحيطات مكبًّات للنفايات النووية، أُلقيت كميات هائلة منها لمدة عقود ولم يفرض حظر على تلك الممارسة إلا في تسعينيات القرن العشرين.

صورة (19): برميل نفايات مشعة يطفو في المحيط (المصدر: dreamtimes)

ألقت الولايات المتحدة الأمريكية أكثر من 110 آلاف حاوية نفايات في المحيط[101]

ألقت روسيا 17 ألف حاوية نفايات مشعة في البحار والمحيطات، إضافة إلى غرق 19 سفينة تحتوي على مخلفات مشعة و14 مفاعلًا نوويًّا من بينهم خمسة يحتفظون بوقود نووي مستنفد بالإضافة إلى الغواصة النووية k-27 والتي تحمل مفاعلين محملين بالوقود النووي[102]

ألقت الدول الأوروبية أكثر من 28 ألف حاوية نفايات مُشعة في القنال الإنجليزي، واكتُشف فيما بعد أن بعضها كان مثقوبًا[103]

إلقاء المخلفات المشعة في المحيط يُعد كارثة، خصوصًا مع سوء عزل الحاويات والنشاط البركاني وحركة الصفائح الأرضية وغيرها من العوامل.

101- Kozakiewicz, Patrick. «The Disposal of Nuclear Waste into the World's Oceans.» CBRNe Portal. January 27, 2014. Accessed June 20, 2019. http://www.cbrneportal.com/the-disposal-of-nuclear-waste-into-the-worlds-oceans/

102- Dattaro, Laura. «The Soviet Union Dumped a Bunch of Nuclear Submarines, Reactors, and Containers into the Ocean.» VICE News. February 20, 2015. Accessed June 20, 2019. https://news.vice.com/en_us/article/vbn9e9/the-soviet-union-dumped-a-bunch-of-nuclear-submarines-reactors-and-containers-into-the-ocean

103- Nuclear Waste Barrels Remain Strewn across Floor of English Channel - Report.» RT International. April 12, 2013. Accessed June 20, 2019. https://www.rt.com/news/nuclear-waste-english-channel-785/

”هذه النفايات المشعة التي ألقيت في المحيطات تتخذ سبيلها مرة أخرى إلى أجسامنا وإلى طعامنا. نشرت صحيفة وول ستريت جورنال أخيرًا، أن مستويات البلوتونيوم تفوق مستوياتها الطبيعية بمقدار ألف مرة في قاع البحر على مسافة 50 ميلاً من سان فرانسيسكو[104]. كما اكتشف العلماء علاقة بين تزايد الإصابة بتسلخ الجلد لدى الفقمة وحصان البحر في ألاسكا وبين إلقاء آلاف الأطنان من حاويات المياه المشعة في المحيط، منذ حادث فوكوشيما عام 2011[105].“

4 - إعادة معالجة المخلفات النووية ليست حلًا

هناك تصور أن إعادة معالجة المخلفات النووية يساعد في حل مشكلة تراكم المخلفات النووية، ولكن هذا غير صحيح، على العكس فهي تفاقم المشكلة.

تستلزم إعادة المعالجة نقل قضبان الوقود المستهلك إلى مرفق إعادة المعالجة، ثم تقطيعها إلى أجزاء وإذابتها كيميائيًّا، ثم فصل المحلول الناتج إلى ثلاث مخرجات أساسية: اليورانيوم، البلوتونيوم، والنفايات عالية المستوى.

ويمكن إعادة تخصيب اليورانيوم وتحويله إلى وقود نووي مرة أخرى، كما يمكن خلط البلوتونيوم مع اليورانيوم لصنع وقود نووي من أكسيد مختلط للمفاعلات النووية. ثم تُجمع النفايات عالية المستوى الناتجة عن إعادة المعالجة للتخلص منها[106].

والنفايات عالية المستوى الناتجة عن إعادة المعالجة لها مخاطر المخلفات الناتجة عن اليورانيوم المستنفد. مع الوضع في الاعتبار أن وقود الأكسيد المختلط أكثر خطورةمن اليورانيوم لصعوبة التحكم فيه في حالة خروجه عن السيطرة[107]. كما تتزايد خطورة انتشار الأسلحة النووية مع إعادة معالجة المخلفات النووية[108]

104- المصدر السابق، Kozakiewicz

105- Slavikova, Sara. «7 Reasons Why Nuclear Waste Is Dangerous.» Greentumble. December 27, 2017. Accessed June 21, 2019. https://greentumble.com/7-reasons-why-nuclear-waste-is-dangerous/

106- المصدر السابق، «The Nuclear Fuel Cycle.»

107- Mary Olson. NIRS Energy Fact Sheet: Reprocessing Is Not the «Solution» to the Nuclear Waste Problem. Nuclear Information and Resource Service. January 2006. Accessed June 21 2019. https://www.nirs.org/wp-content/uploads/factsheets/reprocessisnotsolution.pdf

108- Victor Gilinsky, Harmon Hubbard, and Marvin Miller, ‹A Fresh Examination of the Proliferation Dangers of Light Water Reactors, Washington, DC: The Nonproliferation Policy Education Center, October 22, 2004. Accessed June 21 2019. http://npolicy.org/userfiles/file/Taming-A%20Fresh%20Examination%20of%20the%20Proliferation%20Dangers.pdf

الفصل الخامس: الحوادث النووية

1 - ملخص الفصل

المفاعلات النووية خطرة بطبيعتها، في أي لحظة قد يؤدي مزيج غير متوقع من الإخفاقات التقنية أو الأخطاء البشرية أو الكوارث الطبيعية في أيٍّ من مفاعلات العالم إلى خروجه عن السيطرة.

يدعي القائمون على الصناعة النووية أن احتمال وقوع حادث كبير هو احتمال ضعيف جدًّا، لكن الواقع مختلف إذ يسجل التاريخ أن حادثة نووية كبيرة قد وقعت مرة كل عشر سنوات تقريبًا، كما أن عددًا من الجهات البحثية الهامة تقدر أنه من المتوقع حدوث أربع حوادث خطرة خلال الخمسين عامًا القادمة وأن احتمال تكرار تشيرنوبيل آخر يصل إلى 50% في الأعوام الثلاثين القادمة.

على الرغم من عدم وجود سجل تاريخي رسمي شامل لحوادث المفاعلات النووية فإن عدد تلك الحوادث لم يكن قليلًا، والقوائم المتعددة المنشورة وثّقت أعدادًا كبيرة من الحوادث في كافة أنحاء العالم.

آثار الحوادث النووية هائلة، فتبعاتها الصحية تبدأ من الإصابات والوفاة الناجمة عن الانفجار، مرورًا بمتلازمة الإشعاع الحاد حتى الإصابة بالأمراض المزمنة والسرطان، كما أن التبعات الاقتصادية والاجتماعية ضخمة.

يقدم هذا الفصل ملخصًا عن أكبر خمس حوادث نووية معروفة في التاريخ.

2 - ماهي احتمالات الحوادث النووية في المستقبل؟

تُعرِّف الوكالة الدولية للطاقة الذرية الحادث النووي بأنه «حدث أدى إلى عواقب وخيمة على الناس أو البيئة أو المنشآت»، وأن عواقبه قد تشمل موت البشر، وانتشار النظائر المشعة في البيئة، أو ذوبان قلب المفاعل. « [109]

> **"المفاعلات النووية خَطرة بطبيعتها، وقعت حوادث في المفاعلات النووية في الماضي ولا يمكن ضمان عدم وقوع حوادث نووية في المستقبل[110]. ففي أي وقت قد يؤدي مزيج غير متوقع من الإخفاقات التكنولوجية أو الأخطاء البشرية أو الكوارث الطبيعية إلى خروج المفاعل عن السيطرة في أي مكان في العالم."**

ولا يُنكر القائمون على الصناعة النووية أنفسهم هذه الحقيقة، ولكنهم يزعمون أن احتمالات وقوع حادث كبير منخفضة جدًّا، وأنه مع وجود أكثر من 400 مفاعل في جميع أنحاء العالم فأن احتمال انهيار قلب المفاعل لا يزيد عن نسبة واحد كل 250

109- International Nuclear and Radiological Event Scale (INES).» IAEA. November 22, 2017. Accessed June 21, 2019. https://www.iaea.org/topics/emergency-preparedness-and-response-epr/international-nuclear-radiological-event-scale-ines.

110- Greenpeace, An American Chernobyl: Nuclear «Near Misses» at U.S. Reactors since 1986. August 25 2006. Accessed June 21 2019. https://www.greenpeace.org/usa/wp-content/uploads/legacy/Global/usa/report/2007/9/an-american-chernobyl-nuclear.pdf

عامًا[111].

لكن تقديرات أخرى مختلفة إلى حد بعيد:

"فقد قدّر فريق متعدد التخصصات من معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا أنه في ضوء النمو المتوقع للطاقة النووية من 2005 إلى 2055، يُحتمل وقوع أربع حوادث خطرة على الأقل في مجال الطاقة النووية في تلك الفترة[112]

قدر علماء في معهد ماكس بلانك للكيمياء في ولاية ماين فإن الاحتمالات في أن تقع مثل هذه الحوادث تبلغ مرة كل 10 إلى 20 عامًا، "[113]

قدر علماء من المعهد الفيدرالي السويسري للتكنولوجيا وعلماء من جامعة آرهاس الدنماركية أن هناك فرصة 50% لتكرار حادث مثل تشيرنوبل (أو أكبر) في الـ27 عامًا المقبلة[114] "

تدل خبرات الماضي على أن حادثًا نوويًّا كبيرًا وقع مرة كل عقد تقريبًا[115].

يخشى أيضًا من أن تزيد نسبة الحوادث النووية بسبب التوجه نحو استهداف المفاعلات في هجمات معادية أو عسكرية. فقد كانت محطات الطاقة النووية أهدافًا محتملة في الأصل لمنفذي هجمات 11 سبتمبر 2001[116].

111- Prof Tessa Morris-Szuki, Prof David Boilley, Dr. David McNiell, Arnie Gundersen, Fairewinds Associates. Lessons from Fukushima: Executive Summary. Greenpeace International. February 2012. Accessed June 21 2019. https://www.sortirdunucleaire.org/IMG/pdf/greenpeace-2012-lessons_from_fukushima-summary.pdf

112- Prof Tessa Morris-Szuki, Prof David Boilley, Dr. David McNiell, Arnie Gundersen, Fairewinds Associcates. Lessons from Fukushima: Executive Summary. Greenpeace International. February 2012. Accessed June 21 2019. https://www.sortirdunucleaire.org/IMG/pdf/greenpeace-2012-lessons_from_fukushima-summary.pdf

113- Probability of Contamination from Severe Nuclear Reactor Accidents Is Higher than Expected.» Max-Planck-Gesellschaft. May 22, 2012. Accessed June 21, 2019. https://www.mpg.de/5809418/reactor_accident

114- Emerging Technology from the ArXiv. «The Chances of Another Chernobyl Before 2050? 50%, Say Safety Specialists.» MIT Technology Review. April 21, 2015. Accessed June 21, 2019. https://www.technologyreview.com/s/536886/the-chances-of-another-chernobyl-before-2050-50-say-safety-specialists

115- Benjamin K. Sovacool. Second Thoughts about Nuclear Power: A Policy Brief - Challenges Facing Asia. January 2011. Accessed June 21 2019. https://issuu.com/nuslkyschool/docs/rsu-policy-brief-2nd-thoughts-nuclear

116 John F. Ahearne, Albert V. Carr, Jr, Harold A. Feiveson, Daniel Ingersoll, Andrew C. Klein, Stephen Maloney, Ivan Oelrich, Sharon Squassoni, and Richard Wolfson. The Future of Nuclear Power in the United States. Federation of American Scientists/Washington and Lee University. February 2012. Accessed June 25 2019. https://fas.org/pubs/_docs/Nuclear_Energy_Report-lowres.pdf

كما تتزايد أخيرا احتمالات تعرض المنشآت النووية لهجمات إلكترونية[117]:

فقد وقعت هجمة إلكترونية ضد برنامج إيران النووي في 2008[118]

وتم اختراق موقع المحطة النووية في كوريا الشمالية في ديسمبر 2014[119]

"وفي كل الأحوال لا يقاس خطر الحوادث باحتمالات مرات تكراها فقط ولكن أيضا بنوعية عواقبها، وعواقب الحوادث النووية وخيمة جدًّا،"

وتتنوع تبعات الحوادث الصحية من الإصابات والوفيات الناجمة عن الانفجار، إلى الإصابة بمتلازمة الإشعاع الحاد والأمراض السرطانية المزمنة واضطرابات الصحة العقلية[120]، كما قد تكون العواقب الاجتماعية والاقتصادية ضخمة بسبب الإخلاء وفقدان الممتلكات والأصول، بالإضافة إلى التكاليف الباهظة لمكافحة التلوث[121].

كم عدد الحوادث في الماضي؟

لا يوجد سجل رسمي شامل عن تاريخ حوادث المنشآت النووية[122].

ولكن هناك عددًا كبيرًا من القوائم غير الرسمية منها:

قوائم بالحوادث المدنية- [123]

Hitchin, Penny. «Cyber Attacks on the Nuclear Industry.» Cyber Attacks on the Nuclear Industry - Nu- -117
clear Engineering International. September 15, 2015. Accessed June 21, 2019. https://www.neimagazine.com/features/featurecyber-attacks-on-the-nuclear-industry-4671329

Zetter, Kim. «Stuxnet Missing Link Found, Resolves Some Mysteries Around the Cyberweapon.» Wired. -118
February 26, 2013. Accessed June 21, 2019. https://www.wired.com/2013/02/new-stuxnet-variant-found/

McCurry, Justin. «South Korean Nuclear Operator Hacked amid Cyber-attack Fears.» The Guardian. De- -119
cember 23, 2014. Accessed July 28, 2019. https://www.theguardian.com/world/2014/dec/22/south-korea-nuclear-power-cyber-attack-hack.

Elena Buglova, Radiation Health Effects, Incident and Emergency Centre, Department of Nuclear Safety -120
.and Security, IAEA, 2009. Accessed 28 July 2009

https://www-pub.iaea.org/MTCD/Meetings/PDFplus/2009/36489/p36489/Top%201.1%20E.%20Buglova.pdf

Bromet, Evelyn J. «Mental Health Consequences of the Chernobyl Disaster.» Journal of Radiological Pro- -121
tection 32, no. 1 (March 6, 2012). Accessed June 21, 2019. doi:10.1088/0952-4746/32/1/n71

.Minh Ha-Duong, V. Journé. Calculating nuclear accident probabilities from empirical frequencies -122

.Environment Systems and Decisions, Springer, 2014, 34 (2), pp.249-258. ff10.1007/s10669-014-9499-0ff

ffhal-01018478v2f

https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_civilian_nuclear_accidents -123

بالحوادث الخطرة- [124]

-بحوادث عسكرية [125]

- بحوادث الحاويات محكمة الغلق[126]

- بحوادث المركبات[127]

- حوادث محطات الطاقة النووية ذات الوفيات المتعددة و/أو الخسائر في الممتلكات بأكثر من 100 مليون دولار، بين عامي 1952 و2011، وكان عددها 28 حادثًا.[128]

- قائمة بالحوادث النووية مصنفة حسب خطورتها منذ عام 1952[129]

- قائمة منظمة السلام الأخضر التي وثقت ما يقرب من 200 «حادثة مهددة» في المفاعلات النووية الأمريكية منذ عام 1986 وحتى عام 2007. والمقصود بالحادثة المهددة «إنذار بحدوث تلف لقلب المفاعل»، ومن بينهم ثمانية حوادث كانت على قدر كبير من الخطورة، ورغم أن لجنة الرقابة النووية الأمريكية كانت قد رصدت هذه الحوادث ولم تتخذ إجراءات لمنع وقوعها[130].

ما زال كثير من الحوادث غير معلن عنها[131] ، فالسرية والصمت وإخفاء المعلومات والتهوين من العواقب ممارسات شائعة في

124- https://en.wikipedia.org/wiki/Criticality_accident#Incidents

125- https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_military_nuclear_accidents

126- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and Effects of Ionizing Radiation. UNSCEAR 2008: Report to the General Assembly with Scientific Annexes. Volume II: Scientific Annexes C, D and E. United Nations, New York. April 2011

http://www.unscear.org/docs/reports/2008/11-80076_Report_2008_Annex_C.pd

127- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and Effects of Ionizing Radiation. UNSCEAR 2008: Report to the General Assembly with Scientific Annexes. Volume II: Scientific Annexes C, D and E. United Nations, New York. April 2011. http://www.unscear.org/docs/reports/2008/11-80076_Report_2008_Annex_C.pdf

128- https://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_and_radiation_accidents_and_incidents#cite_note-critev-10

129- Rogers, Simon. «Nuclear Power Plant Accidents: Listed and Ranked since 1952.» The Guardian. March 14, 2011. Accessed July 28, 2019. https://www.theguardian.com/news/datablog/2011/mar/14/nuclear-power-plant-accidents-list-rank#data.

130- المصدر السابق، 'An American Chernobyl.'

131- MaloneJun, Patrick, and Center for Public Integrity. «A Near-disaster at a Federal Nuclear Weapons Laboratory Takes a Hidden Toll on America›s Arsenal.» Science. June 29, 2017. Accessed June 21, 2019. https://www.sciencemag.org/news/2017/06/near-disaster-federal-nuclear-weapons-laboratory-takes-hidden-toll-america-s-arsenal

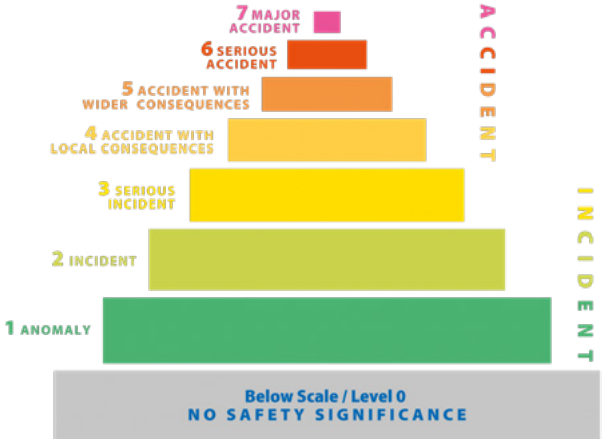
سياق الحوادث النووية[132][133].

حتى في الحوادث الكارثية، فعندما انفجر مفاعل تشيرنوبل في أبريل 1986، التزمت السلطات السوفييتية الصمت، وبعد يومين من وقوع الكارثة وصلت السحابة المشعة إلى السويد حيث أظهرت القياسات أن مستوى الإشعاع أعلى بنسبة 40% من المعدل الطبيعي، واستغرق الأمر ثلاثة أسابيع حتى اعترف الاتحاد السوفييتي رسمياً بأحد أكبر الحوادث في تاريخ الطاقة النووية، وحتى الآن، لا تزال كثير من المعلومات المتعلقة بالحادث وتأثيراته غير متاحه[134].

3 - أسوأ خمس حوادث معروفة: كيشتايم، سيلافيلد، ثري مايلز ايلند تشرنوبيل، فوكوشيما

وضعت الوكالة الدولية للطاقة الذرية «المقياس الدولي للحوادث النووية والإشعاعية» (INES) في عام 1990 من أجل تمكين الوصول السريع إلى معلومات السلامة الضرورية في حالة وقوع حوادث نووية وحتى يمكن استخدامه كأداة للحصول على تقدير سريع لمدى خطورة الحادث، المستوى 1 هو الأبسط والمستوى 7 هو الأسوأ[135].

رسم توضيحي (20): «المقياس الدولي للحوادث النووية والإشعاعية» (INES) (المصدر: الوكالة الدولية للطاقة الذرية)



وفيما يلي وصف قصير مأخوذ من المعلومات المتاحة عن أسوأ خمس حوادث نووية في التاريخ.

132- Honicker, Clifford T. «AMERICA›S RADIATION VICTIMS: The Hidden Files.» The New York Times. November 19, 1989. Accessed June 21, 2019. https://www.nytimes.com/1989/11/19/magazine/america-s-radiation-victims-the-hidden-files.html

133- Wedler, Carey. «The Worst Nuclear Disaster in US History That You›ve Never Heard About.» The Anti-Meida. September 28, 2015. Accessed June 21, 2019. https://theantimedia.com/the-worst-nuclear-disaster-in-/us-history-that-youve-never-heard-about

134- History.com Editors. «Test Triggers Nuclear Disaster at Chernobyl.» History.com. February 09, 2010. Accessed June 21, 2019. http://www.history.com/this-day-in-history/nuclear-disaster-at-chernobyl

135- المصدر السابق، 'International Nuclear and Radiological Event Scale (INES)'.

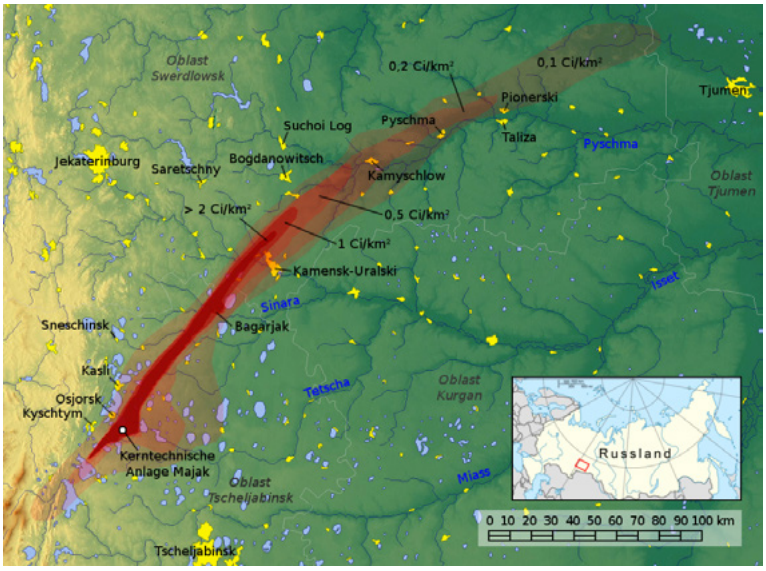
1 - حادثة كيشتايم Kyshtym: المستوى السادس على المقياس الدولي، 29 سبتمبر 1957

وقعت في مايك Mayak في الاتحاد السوفييتي السابق، في محطة لإنتاج البلوتونيوم المستخدم في الأسلحة النووية.

هذا هو ثالث أسوأ حادث نووي مسجل في التاريخ بعد كارثة تشيرنوبل وفوكوشيما دايتشي. بدأ الخلل عندما فشل نظام التبريد في أحد خزانات النفايات المشعة ما أدى إلى ارتفاع الحرارة وانفجار الخزانات التي كانت تحتوي على حوالي 70 إلى 80 طنًّا من النفايات المشعة السائلة.

ألقى الانفجار بالغطاء الأسمنتي الذي يبلغ وزنه 160 طنًّا في الهواء وتسرب إشعاع يُقدر بنحو 800 بيتابيكرل PBq (وحدة قياس النشاط الإشعاعي). استقرت أغلب النفايات الملوثة بالقرب من موقع الحادث وساهمت في تلوث نهر تيتشا Techa River، وانتشرت سحابة تحتوي على 80 بيتا بيركل من النويدات المشعة مئات الكيلومترات. وأدت إلى تلوث طويل الأمد لمساحة تصل إلى 20 ألف كيلومتر مربع وتعرَّض ما لا يقل عن 22 قرية للإشعاع جرَّاء الكارثة.

رسم توضيحي (21): خريطة لأثر الإشعاع في منطقة شرق الأورال، المنطقة التي لوثتها كارثة كاشتيم (المصدر: Wikimedia Commons)



في البداية لم يعرف سكان المناطق المتأثرة شيئًا عن الحادث. وبعد أسبوع بدأت عملية إجلاء لنحو عشرة آلاف شخص من المنطقة المتضررة دون توضيح لأسباب إخلاء المنطقة[136].

للحد من انتشار التلوث الإشعاعي بعد الحادث جُمعت التربة الملوثة وخُزنت في حاويات مسيجة تسمى «مقابر الأرض»[137].

-136 DE SANCTIS, ENZO. MONTI, STEFANO. RIPANI, MARCO. ENERGY FROM NUCLEAR FISSION: An Introduction. SPRINGER INTERNATIONAL PU, 2016. https://bit.ly/2SJpWRz

-137 Goetschel, Samira. «›The Graveyard of the Earth‹: Inside City 40, Russia›s Deadly Nuclear Secret.» The Guardian. July 20, 2016. Accessed June 21, 2019. https://www.theguardian.com/cities/2016/jul/20/graveyard-earth-inside-city-40-ozersk-russia-deadly-secret-nuclea

لم يعرف العالم طبيعة الحادث إلا في عام 1976، (بعد 18 عامًا). وبسبب السرية التي أحاطت بالكارثة، لم يُعرف عدد الوفيات ولا العواقب طويلة الأمد حتى الآن[138][139].

2 - حادثة ويندسكال، سيلافيلد Windscale- Sellafield: المستوى الخامس على المقياس الدولي، 10 أكتوبر 1957

تقع منشأة ويندسكال على الساحل الغربي في إنجلترا، وتعرف في الوقت الراهن باسم سيلافيلد.

اندلعت النيران في الوحدة رقم 1 في مفاعلين يعملان بنظام المُهدئ الجرافيتي وتواصل اشتعال النار ثلاثة أيام، أطلق الحريق 14 ألف تيرابيكريلterabecquerels من المواد المشعة، التي انتشرت في سماء بريطانيا والقارة الأوروبية. لم يتم إجلاء أي شخص من المنطقة المحيطة، ولكن الحكومة جمعت الحليب من الريف المجاور في نطاق 500 كيلومترًا (مُزج الحليب بألف ضعف من الماء وأُلقي في بحر أيرلندا) واستغرقت تلك العملية شهرًا كاملًا[140].

لم يعد المفاعل قابلًا للإصلاح، فأُزيلت بعض قضبان الوقود، وأُحيط المفاعل بدرع وتُرك مكانه. وفي عام 2000 قدِّر أن قلب المفاعل لا يزال يحتوي على 4.0 كجم من البلوتونيوم 239 (نصف عمر 24000 سنة)[141].

لم يكن هذا هو الحادث الوحيد في ويندسكال، ففي 19 إبريل 2005 حدث تسرب إشعاعي كبير آخر حيث تسرب 20 طنًّا من اليورانيوم و160 كجم من البلوتونيوم على مدى عدة أشهر من أنبوب متشقق، لم يُكشف النقاب عن التسرب إلا بعد تسعة أشهر[142].

تعارض أيرلندا والدول الإسكندينافية ومن بينها النرويج والدنمارك بشدة تلويث البحر الأيرلندي من محطة سيلافيلد، وتقدمت الحكومة الأيرلندية بشكوى إلى الأمم المتحدة في عام 2001، [143].

Dr. Zhores Medvedev. ‹Two decades of dissidence›. New Scientist. 4 November 1976. Vol 72 No. 1025. -138 Accessed June 2019. https://books.google.com.eg/books?id=JqEhtUjqORIC&pg=PA264&redir_esc=y#v=onepage&q&f=true

Greenpeace International. Mayak: A 50 Year Tragedy. September 2007. Accessed June 21 2019.https:// -139 www.greenpeace.org/archive-international/Global/international/planet-2/report/2007/9/mayak-a-50-year-tragedy.pdf

McGeoghegan, D.; Whaley, S.; Binks, K.; Gillies, M.; Thompson, K.; McElvenny, D. M. (2010). «Mortality -140 and cancer registration experience of the Sellafield workers known to have been involved in the 1957 Windscale accident: 50 year follow-up». Journal of Radiological Protection. 30 (3): 407–431. Bibcode:2010JRP....30..407M. doi:10.1088/0952-4746/30/3/001. PMID 20798473

D G Pomfret Safety and Dose Management During Decommissioning of a Fire Damaged Nuclear Reac- -141 tor. International Radiation Protection Association. 2000. Accessed June 21 2019. http://www.irpa.net/irpa10/cdrom/00322.pdf

Brown, Paul. «Huge Radioactive Leak Closes Thorp Nuclear Plant.» The Guardian. May 09, 2005. Ac- -142 cessed June 21, 2019. https://www.theguardian.com/society/2005/may/09/environment.nuclearindustry

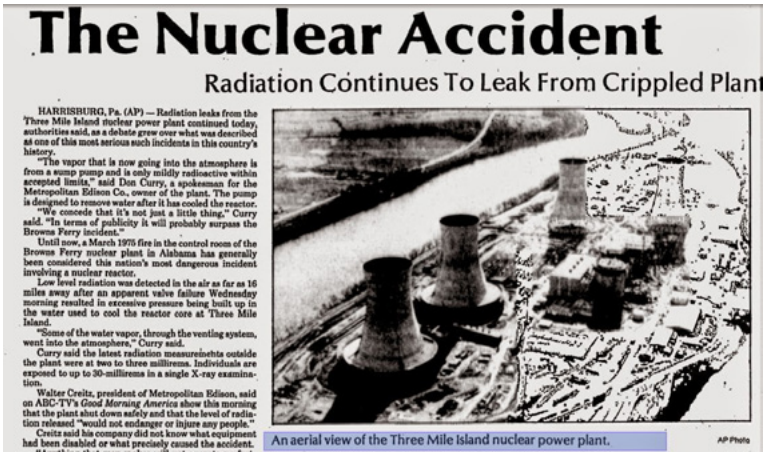
Walker, Peter. «From Windscale to Sellafield: A History of Controversy.» The Guardian. April 18, 2007. -143 Accessed June 21, 2019. https://www.theguardian.com/environment/2007/apr/18/energy.nuclearindustry

3 - حادث ثِري مايل أيلاند، Three Mile Island: المستوى الخامس، 28 مارس 1979 بنسلفانيا، الولايات المتحدة الأمريكية

أدى فقدان سائل التبريد في أحد المفاعلات في محطة ثِري مايل آيلاند للطاقة النووية إلى انصهار جزئي في المفاعل وتسرب الغازات المشعة واليود إلى البيئة.

صدرت بيانات متضاربة بشأن التلوث الإشعاعي، في البداية قال صاحب المصنع إن كل شيء تحت السيطرة. وفي وقت لاحق من نفس اليوم، أذيع أن الوضع «أكثر تعقيدًا» مما كان يعتقد، وأُغلقت المدارس وطُلب من السكان البقاء في منازلهم مع نصيحة بإجلاء النساء الحوامل والأطفال في سن ما قبل المدرسة في نطاق دائرة نصف قطرها خمسة أميال، وبعد يومين امتدت منطقة الإخلاء إلى دائرة نصف قطرها 20 ميلًا وغادر 140 ألف شخص المنطقة[144].

صورة (22): الصفحة الرئيسية لخبر تسريب الإشعاع (المصدر: Bruce A. Sarte on History)



The Nuclear Accident

Radiation Continues To Leak From Crippled Plant

HARRISBURG, Pa. (AP) — Radiation leaks from the Three Mile Island nuclear power plant continued today, authorities said, as a debate grew over what was described as one of this most serious such incidents in this country's history.

"The vapor that is now going into the atmosphere is from a sump pump and is only mildly radioactive within accepted limits," said Don Curry, a spokesman for the Metropolitan Edison Co., owner of the plant. The pump is designed to remove water after it has cooled the reactor.

"We concede that it's not just a little thing," Curry said. "In terms of publicity it will probably surpass the Browns Ferry incident."

Until now, a March 1975 fire in the control room of the Browns Ferry nuclear plant in Alabama has generally been considered this nation's most dangerous incident involving a nuclear reactor.

Low level radiation was detected in the air as far as 16 miles away after an apparent valve failure Wednesday morning resulted in excessive pressure being built up in the water used to cool the reactor core at Three Mile Island.

"Some of the water vapor, through the venting system, went into the atmosphere," Curry said.

Curry said the latest radiation measurements outside the plant were at two to three millirems. Individuals are exposed to up to 30-millirems in a single X-ray examination.

Walter Creitz, president of Metropolitan Edison, said on ABC-TV's *Good Morning America* show this morning that the plant shut down safely and that the level of radiation released "would not endanger or injure any people."

Creitz said his company did not know what equipment had been disabled or what precisely caused the accident.

An aerial view of the Three Mile Island nuclear power plant.

AP Photo

إجمالًا، تسرب نحو 93 بيتابيركل من الغازات المشعة، وحوالي 560 جيجا بيركل من اليود المشع إلى البيئة.

تشكلت لجنة رئاسية في أبزيل عام 1979 للتحقيق في الحادث، وأظهر تقرير اللجنة أن صمام الإغاثة الذي تسبب في الخطأ كان قد أصيب بـ11 عطلًا سابقًا وأن الشركة كانت على علم بهذه الأعطال ولم تفعل شيئًا[145].

بدأت عمليات تطهير المنطقة من الإشعاع في أغسطس 1979، وانتهت رسميًّا في ديسمبر 1993، بتكلفة بلغت مليار دولار[146].

-144 Peterson, Cass. «A Decade Later, TMI›s Legacy Is Mistrust.» The Washington Post. March 28, 1989. Accessed June 22, 2019. https://www.washingtonpost.com/wp-srv/national/longterm/tmi/stories/decade032889.htm?nored&noredirect=on

-145 Hopkins, A. (2001), Was Three Mile Island a 'Normal Accident'?. Journal of Contingencies and Crisis Management, 9: 65-72. doi:10.1111/1468-5973.00155

-146 Press, The Associated. «14-Year Cleanup at Three Mile Island Concludes.» The New York Times. August 15, 1993. Accessed June 22, 2019. https://www.nytimes.com/1993/08/15/us/14-year-cleanup-at-three-mile-island-concludes.html

4 - تشيرنوبل Chernobyl: المستوى السابع، 26 أبريل 1986 الجمهورية الاشتراكية السوفييتية الأوكرانية في الاتحاد السوفييتي سابقا

يُعد حادث تشيرنوبل أكبر كارثة نووية في التاريخ سواء من حيث الخسائر البشرية أو التكلفة الاقتصادية. وقع الحادث يوم 26 إبريل 1986 في المفاعل رقم 4 في محطة الطاقة النووية في تشيرنوبل حيث تسبب مزيج من العيوب الكامنة في تصميم المفاعل ومن أخطاء العاملين إلى خروج المفاعل عن السيطرة، حدثت زيادة مفاجئة في الطاقة وأدى ارتفاع درجات الحرارة إلى انفجار عنيف أطاح بختم المفاعل البالغ وزنه 1000 طن. وقذف بكميات كبيرة من المواد المشعة والحطام عدة كيلومترات في الجو، أذابت الحرارة التي بلغت 2000 درجة مئوية قضبان الوقود ما أشعل حريقًا استمر عشرة أيام وأسفر عن إطلاق مزيد من الإشعاع.

بعد 36 ساعة من الحادث، تم إجلاء الأشخاص من مساحة 10 كلم المجاورة للمصنع، وفي الأشهر التالية تم نقل أكثر من 130 ألف شخص من منطقة مساحتها 30 كيلومترًا بينما استمر الملايين في العيش في بيئة فيها نسب مرتفعة من الإشعاع. تم جلب عمال لتنظيف المنطقة عن طريق غسل المنازل وكشط التربة السطحية لكن الفائدة كانت محدودة واعتبرت المنطقة محظورة على البشر لزمن غير محدد[147].

أدت حادثة تشرنوبل إلى انبعاث إشعاعات تعادل 100 ضعف قنبلتي هيروشيما وناجازاكي معًا وإلى تعرض أكثر من ثمانية ملايين شخص في بيلاروسيا وروسيا وأوكرانيا للإشعاع وإلى تلوث حوالي 155 ألف كيلومتر مربع من الأراضي بـالسيزيوم المشع[148].

تركزت سحابة جزيئات النيوكليد والوقود في روسيا البيضاء وروسيا وأوكرانيا، لكن أكثر من نصف الكمية الإجمالية المنبعثة من تشيرنوبل تجاوزت تلك الدول، لتغطي 40% من مساحة أوروبا. وفي النهاية انتشرت في جميع أنحاء العالم[149].

147- Ian Fairlie and Daivd Summer. The Other Report on Chernobyl (TORCH): An Independent Scientific Evaluation of Health and Environmental Effects 20 years After the Nuclear Disaster Providing Critical Analysis of a Recent Report by the International Atomic Agency and the World Health Organisation (WHO). Commissioned by MEP Greens/EFA in the European Parliament. April 2006. Accessed June 24 2019. http://media.freeola.com/other/14705/torch_executive_summary-1.pdf

148- المصدر السابق، 'A Nuclear Roulette'.

149- المصدر السابق، TORCH Report

صورة (23): صورة مفاعل رقم 4 تشرنوبيل (المصدر: Chernobyl Guide)

أُحيطت بقايا مبنى المفاعل رقم 4 بغطاء كبير أطلق عليه اسم التابوت، sarcophagus انتهى إنشاء التابوت في ديسمبر 1986، وكان الغرض منه توفير السلامة لأطقم المفاعلات الأخرى غير التالفة في محطة الطاقة استمر المفاعل رقم 3 في توليد الكهرباء حتى عام 2000[150].

لا يمكن مطلقًا التهوين من آثار كارثة تشيرنوبل حتى بعد مرور أكثر من عشرين عامًا، وما زالت الأوضاع في موقع المفاعل تنطوي على أخطار كبرى يصعب حلها في ظل ظروف صعبة جدًّا بسبب الإشعاع.

الآثار الصحية والاقتصادية

من المؤكد أن الآثار الكاملة لحادث تشيرنوبل لن تكون معروفة أبدًا، لكن ما نعرفه حتى الآن مروع.

فوفقًا للتقارير الرسمية، توفي واحد وثلاثون شخصًا على الفور وتعرض 600 ألف عامل من المشاركين في عمليات مكافحة الحرائق والتنظيف لجرعات عالية من الإشعاع. أوضح تقرير للأمم المتحدة عام 2000، أن نصف مليون طفل ما زالوا يعيشون في المناطق المنكوبة، وأن 73 ألف شخص يعانون من إعاقات دائمة وأن 46 ألف من بين 200 ألف شاركوا في عمليات الإنقاذ أصيبوا بالعجز، وأنه في بعض المناطق ارتفع معدل الإصابة بسرطان الغدة الدرقية 100 مرة، وتم الإبلاغ عن أكثر من 11000 حالة، وأن هناك أدلة على وجود مشاكل في الرئة والقلب والكلى مرتبطة بالإشعاع[151].

والتقديرات غير الرسمية للآثار أسوأ كثيرًا، فقد أشار تقرير أصدرته الأكاديمية الوطنية للعلوم في بيلاروسيا عام 2010 إلى نحو 93 ألف حالة وفاة و270 ألف إصابة بالسرطان جرَّاء تداعيات حادث تشيرنوبيل.

كما تشير تقديرات اللجنة الوطنية الأوكرانية للحماية من الإشعاع إلى أن عدد القتلى بلغ 500 ألف شخص وما زال الناجون من

150- http://lib.ru/MEMUARY/CHERNOBYL/dyatlow.txt

151- Kapp, Clare. «Chernobyl Effects Worsening, Says UN Report.» The Lancet 355, no. 9215 (May 06, 2000): .1625.doi:10.1016/s0140-6736(05)72535-6

تشيرنوبيل وأطفالهم يعانون من ارتفاع معدلات الإصابة بسرطان الدم والغدة الدرقية[152].

وبعد حوالي 24 عامًا من وقوع الكارثة، وصفت دراسة الحياة البرية في «منطقة الاستبعاد» حول تشيرنوبل الأضرار التي طالت الغطاء النباتي والحشرات والطيور والزواحف والبرمائيات والثدييات بأنها «ساحقة»[153].

أما الخسائر الاقتصادية فقد قدر بعض الخبراء الأوكرانيون الأضرار الاقتصادية التي أصابت بلادهم بنحو 200 مليار دولار حتى عام 2015، وهي تكاليف هائلة خصوصًا إذا قورنت بإجمالي الناتج المحلي لأوكرانيا عام 2001 الذي بلغ 37 مليار دولار[154155156].

5 - فوكوشيما دايتشي، Fukushima Daiichi: المستوى السابع، 11 مارس 2011 اليابان

أدى زلزال وأمواج تسونامي التي ضربت منطقة فوكوشيما إلى تعطيل وحدة إمداد الكهرباء الخاصة بالطوارئ في محطة فوكوشيما دايتشي للطاقة النووية، وفي 12 مارس أدى انخفاض منسوب المياه حول قضبان الوقود بفعل الحرارة إلى انفجار هيدروجيني في المفاعل 1 وانهيار الهيكل الخرساني الخارجي. يوم 14 مارس وقع انفجار هيدروجيني (مماثل تقريبًا للانفجار الأول) في الوحدة 3، وأحدث تأثيرات مماثلة. وفي 15 مارس، وقع انفجار ثالث في الوحدة 2، وأدى الانفجار إلى إتلاف هيكل الاحتواء الفولاذي لقلب المفاعل وتسريب كميات أكبر من الإشعاع، ثم أدى انفجار الرابع، إلى إتلاف المنطقة الأرضية فوق المفاعل وحوض تجميع الوقود المستهلك في مفاعل الوحدة 4.

صورة (24): صورة انفجار فوكوشيما (المصدر: Chernobyl Guide)

152- Vidal, John. «UN Accused of Ignoring 500,000 Chernobyl Deaths.» The Guardian. March 25, 2006. Accessed June 24, 2019. https://www.theguardian.com/environment/2006/mar/25/energy.ukraine

153- Gill, Victoria. «Chernobyl Zone Shows Decline in Biodiversity.» BBC News. July 30, 2010. Accessed June 24, 2019. https://www.bbc.com/news/science-environment-10819027

154- المصدر السابق، TORCH Report

155- A CRITICAL, COMPARATIVE LOOK AT THE HEALTH EFFECTS OF CHERNOBYL.» Wise Inter-» natinoal. October 10, 2003. Accessed July 28, 2019. https://wiseinternational.org/nuclear-monitor/594/critical-comparative-look-health-effects-chernobyl.

156- CHERNOBYL - 20 YEARS, 20 LIVES.» Wise International. September 06, 2006. Accessed July 28, 2019.» https://wiseinternational.org/nuclear-monitor/645-646/chernobyl-20-years-20-lives.

خلال ذروة الأزمة، قللت الحكومة اليابانية من شأن مخاطر تسرب الإشعاع. ففي يوم 12 مارس، صرح سكرتير مجلس الوزراء في مؤتمر صحفي بأن المفاعل لن يُسرب كمية كبيرة من الإشعاع، وقال إن الأشخاص خارج دائرة نصف قطرها 20 كيلومترًا ليس لديهم ما يدعو إلى القلق. في خلال أسبوعين طلبت الحكومة من الأشخاص الذين يعيشون في نطاق دائرة نصف قطرها من 20 إلى 30 كيلومترًا حول الموقع بإخلاء منازلهم طواعية، وفي أواخر أبريل وسَّعت الحكومة نطاق منطقة الإخلاء لتشمل مناطق تصل إلى 50 كيلومترًا[157]. جرى إخلاء 160 ألف شخص من منازلهم[158].

شارك نحو ثمانية آلاف عامل شهريًّا في عملية تفكيك المحطة، ظلت مستويات الإشعاع مرتفعة جدًّا داخل مباني المفاعل ما جعل التدخل البشري مستحيلًا، وقد علق الروبوت الذي أُدخل إلى الوحدة 2 بين الأنقاض[159].

زادت كمية المياه المتراكمة التي استخدمت لتبريد المفاعل بعد الحادثة بمرور السنوات، وعام 2013 أعلنت وزارة البيئة أن 300 طن من المياه السطحية الملوثة من فوكوشيما دايتشي لا تزال تتسرب فوق أو حول الحواجز في المحيط الهادئ يوميًّا، [160].

وما زال ضخ أكثر من 200 متر مكعب من المياه مستمرًّا يوميًّا في قلب المفاعلات الثلاثة لتبريد الوقود المنصهر، وقد تسربت هذه المياه شديدة الإشعاع عبر شقوق في الحاويات حيث اختلطت بالمياه المُتسربة من مياه جوفية قريبة[161].

بحلول مارس 2017، جرى تطهير 22 ألف منطقة سكنية و8500 هكتار من الأراضي الزراعية و8500 هكتار من الغابات و1400 هكتار من الطرق من الإشعاع، لكن فعالية هذه التدابير تظل موضع شك، خصوصًا في حالة مناطق الغابات والتي جرى تطهيرها في نطاق دائرة نصف قطرها حوالي 20 مترًا حول المنازل فقط.

ومن أبرز التحديات الرئيسية لتبعات الكارثة تقييم العواقب الصحية وحساب تكاليف عمليات التخلص من النفايات وإزالة التلوث ومصير عشرات الآلاف من الأشخاص الذين تعرضوا للإجلاء[162].

الآثار الصحية والاقتصادية

كالمعتاد هناك جدل كبير حول الآثار الصحية لفوكوشيما، حيث تقل التقديرات الرسمية كثيرًا عن تقديرات الخبراء والمنظمات المستقلة.

157- Lessons from Fukushima. Greenpeace International. February 2012. Accessed June 24 2019. https://www.nrc.gov/docs/ML1234/ML12340A561.pdf

158- «Situation of the Evacuees.» Fukushima on the Globe. November 06, 2015. Accessed June 24, 2019. http://fukushimaontheglobe.com/the-earthquake-and-the-nuclear-accident/situation-of-the-evacuees

159- المصدر السابق، 'The World Nuclear Industry'.

160- McCurry, Justin. «Toxic Fukushima Fallout Threatens Fishermen›s Livelihoods.» The Guardian. August 09, 2013. Accessed June 24, 2019. https://www.theguardian.com/world/2013/aug/09/fukushima-fallout-threatens-fishermens-livelihoods

161- المصدر السابق، «The World Nuclear Industry.. 2017»

162- المصدر السابق

كشف الفحص واسع النطاق الذي أجري بالموجات فوق الصوتية في المنطقة عن ارتفاع معدل سرطان الغدة الدرقية لدى الشباب[163].

كما وجد أن عدد حالات السرطان بين الأطفال يفوق المتوسط الوطني بحوالي 30 ضعفًا، لكن المصادر الرسمية كما هو متوقع تكرر أنه «لا يمكن التأكد مما إذا كانت حالات سرطان الغدة الدرقية الموجودة نتجت عن حادث فوكوشيما»[164].

تتوقع بعض التقارير المستقلة وفاة نحو خمسة آلاف مريض بالسرطان بسبب التعرض للإشعاع مستقبلًا بالإضافة إلى عدد (غير محدد) من الوفيات بسبب أمراض أخرى، وأن حوالي ألفي شخص ماتوا في الفترة من 2011 إلى 2015 بسبب عمليات الإجلاء نتيجة اعتلال الصحة والانتحار[165].

في 9 ديسمبر 2016، صدر تقدير التكلفة الرسمي لتسوية المشكلات الناجمة عن حادث فوكوشيما، ووفقًا للتقديرات تصل التكلفة الإجمالية إلى حوالي 22 تريليون ين ياباني (200 مليار دولار أمريكي)[166].

لكن مركز اليابان للبحوث الاقتصادية يعتقد أن الحكومة اليابانية تقلل بشكل كبير من التكاليف وأن إجمالي التكاليف قد يتراوح من 50 تريليون ين ياباني (453 مليار دولار أمريكي) إلى 70 تريليون ين (635 مليار دولار أمريكي)[167].

163- Yamashita, Shunichi et al. "Lessons from Fukushima: Latest Findings of Thyroid Cancer After the Fukushima Nuclear Power Plant Accident." Thyroid : official journal of the American Thyroid Association vol. 28,1 (2018): 11-22. doi:10.1089/thy.2017.0283

164- المصدر السابق، 'The World Nuclear Industry'.

165- Ian Fairlie. Summing the Health Effects of the Fukushima Nuclear Disaster. Accessed June 24 2019. https://www.ianfairlie.org/wp-content/uploads/2015/08/Summing-up-the-Effects-of-the-Fukushima-Nuclear-Disaster-10.pdf

166- المصدر السابق، 'The World Nuclear Industry'.

167- Tatsuo Kobayashi, Tatsujiro Suzuki and Kazumasa Iwata. Public Financial Burden of the Fukushima Nuclear Accident. Japan Center for Economic Research. March 7 2017. Accessed June 24 2019. https://www.jcer.or.jp/eng/research/policy.html

الفصل السادس: أفول نجم الطاقة النووية

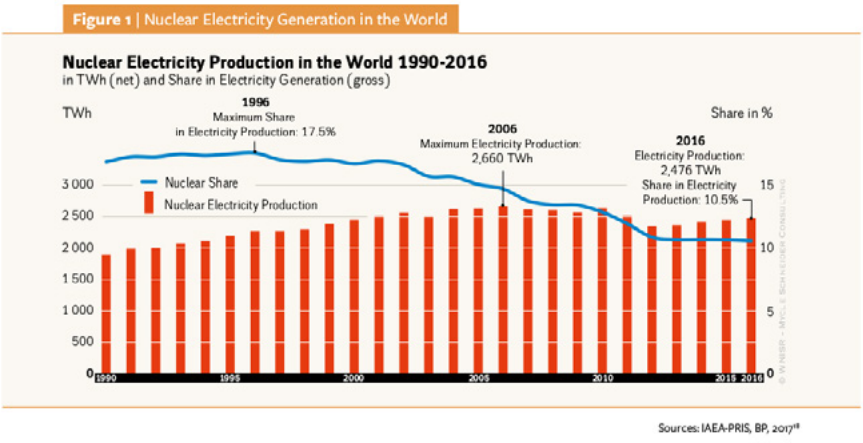
1 - ملخص الفصل

يتراجع استخدام الطاقة النووية منذ تسعينيات القرن الماضي على نحو متواصل، في الوقت الحالي تمثل الطاقة النووية 10.5% فقط من إنتاج الكهرباء في العالم، الطاقة النووية لم تكن يوماً واسعة الانتشار، حيث تستخدمها 31 دولة فقط من دول العالم في توليد الكهرباء، وخمسة دول من هؤلاء تولد 70% من إجمالي الطاقة، في السنوات الأخيرة بدأ عدد من الدول المتقدمة في التخلص تدريجيًّا من المفاعلات النووية ما أدى إلى انتقال السوق النووي إلى الدول النامية، وباستثناء الصين، هناك عدد قليل من المنشآت الجديدة التي تُشيد في الوقت الراهن، والتوقعات المستقبلية للطاقة النووية في تراجع.

2 - تراجع حصة الطاقة النووية في العالم

منذ تشغيل أول مفاعل للطاقة النووية في العالم في أوبينسكObninsk بالاتحاد السوفييتي في 27 يونيو 1954، حدثت موجتان رئيسيتان من بناء المحطات النووية، بلغت الموجة الأولى ذروتها عام 1974، ووصلت الثانية إلى أقصى حد تاريخي لها في عام 1985، ولكن من أوائل التسعينات توقف هذا التصاعد في بناء المفاعلات، ثم بدأ منذ منتصف التسعينيات التراجع في استخدام الطاقة النووية على نحو مستمر[168].

رسم توضيحي (25): حجم إنتاج الكهرباء من الطاقة النووية في 2016 (المصدر: International Atomic Agency



تبلغ حصة الطاقة النووية حاليًّا 10.5% فقط من الطاقة المولدة عالميًّا بعد أن كانت تمثل 17.5% في ذروتها التاريخية عام

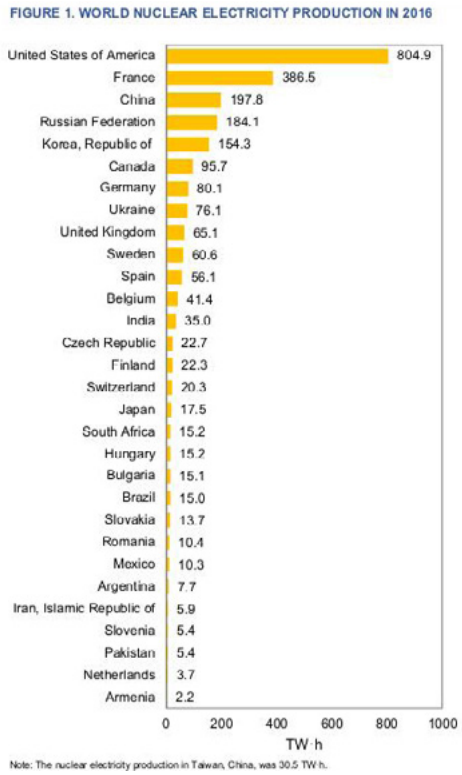
168- المصدر السابق، 'The World Nuclear Industry'.

1996[169]. يبلغ إجمالي القدرة للوحدات العاملة 391 جيجاوات[170].

هناك 31 دولة فقط في العالم تقوم بتشغيل محطات الطاقة النووية[171]. هناك خمس دول فقط تولِّد 70% من الكهرباء النووية في العالم هي الولايات المتحدة وفرنسا والصين وروسيا وكوريا الجنوبية.

لدي هذه الدول الـ31 إجمالي 447 مفاعلًا نوويًّا (بعض التقديرات تشير إلى أنهم 403 مفاعلات فقط، بعد استبعاد المفاعلات المتوقفة)[172].

رسم توضيحي (26): نصيب الدول المنتجة للكهرباء من الطاقة النووية (المصدر: Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2050)



169- المصدر السابق

170- Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2050. Reference Data Series No. 1. 2017 Edition. International Atomic Energy Agency. Vienna, 2017. Accessed June 24, 2019. https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/17-28911_RDS-1%202017_web.pdf

171- Electricity Supplied by Nuclear Energy.» World Nuclear Association. Accessed July 29, 2019. https://» .world-nuclear.org/nuclear-basics/electricity-supplied-by-nuclear-energy.aspx

172- المصدر السابق، 'The World Nuclear Industry'.

الطاقة النووية تفقد شعبيتها

لم تعد الطاقة النووية تحظى بشعبية في بلدانها التي نشأت فيها، دول عدة من التي اعتادت تشكيل السوق النووية التقليدية ترفض بناء محطات جديدة أو تتخلص تدريجيًّا من تلك التي لديها:

"قررت ألمانيا إغلاق أقدم ثمانية من مفاعلاتها العاملة الـ17، والتخلص تدريجيًّا من المفاعلات التسعة المتبقية بحلول عام 2022[173].

وبلجيكا[174] وسويسرا[175] أيضًا يعتزمان التخلص تدريجيًّا من المفاعلات النووية.

حتى فرنسا، ثاني أكبر دولة في توليد الكهرباء النووية في العالم، تعتزم خفض الحصة النووية للكهرباء من حوالي ثلاثة أرباع إلى النصف وغلق ثلث المفاعلات التي تبلغ 58 مفاعلًا[176].

أغلقت كوريا الجنوبية خامس أكبر دولة محطة نووية وأوقفت بناء محطتين أخريين.[177]

ليس لدى الولايات المتحدة الأمريكية، أكبر دولة في مجال الطاقة النووية، سوى مشروع واحد فقط لبناء مفاعل في ولاية جورجيا[178]."

أدى هذا التراجع في السوق التقليدية للطاقة النووية في أوروبا الغربية وأمريكا الشمالية إلى تحوُّل في موقع السوق النووي، وفي الوقت الراهن هناك 53 مفاعلًا قيد الإنشاء، وجميعها (عدا 6 فقط) في آسيا أو أوروبا الشرقية وثلث هذه الإنشاءات الجديدة في الصين وحدها.

3 - مستقبل الطاقة النووية

في منتصف عام 2017، كان عمر نصف إجمالي عدد المفاعلات في العالم قد تجاوز 30 عامًا، وتجاوز عمر 61 مفاعلًا 41 عامًا[179].

173- Fertal, Duroyan. «Germany: Nuclear Power to Be Phased out by 2022.» Green Left Weekly, Issue 882. June 4, 2011. Accessed June 24, 2019. https://www.greenleft.org.au/content/germany-nuclear-power-be-phased-out-2022

174- Belgium Maintains Nuclear Phase-out Policy.» World Nuclear News. April 4, 2018. Accessed June 24,» 2019. http://www.world-nuclear-news.org/Articles/Belgium-maintains-nuclear-phase-out-policy

175- Kanter, James. «Switzerland Decides on Nuclear Phase-Out.» The New York Times. May 25, 2011. Accessed June 24, 2019. https://www.nytimes.com/2011/05/26/business/global/26nuclear.html?_r=1

176- المصدر السابق، 'The World Nuclear Industry'.

177- Pearce, Fred. «Industry Meltdown: Is the Era of Nuclear Power Coming to an End?» Yale E360. May 15, 2017. Accessed June 24, 2019. https://e360.yale.edu/features/industry-meltdown-is-era-of-nuclear-power-coming-to-an-end

178- المصدر السابق

179- Dittmar, Michael. «Taking Stock of Nuclear Renaissance That Never Was.» The Sydney Morning Herald. August 18, 2010. Accessed June 24, 2019. https://www.smh.com.au/business/taking-stock-of-nuclear-renaissance-that-never-was-20100817-128ky.html

من المتوقع أن يُغلق أكثر من 100 مفاعل في مدى 10 إلى 15 عامًا من الآن بسبب انتهاء عمرهم الافتراضي[180].

رسم توضيحي (27): عدد المفاعلات تحت الإنشاء حول العالم في 2017 (المصدر: The World Nuclear Industry: Status Report 2017، ص. 30)

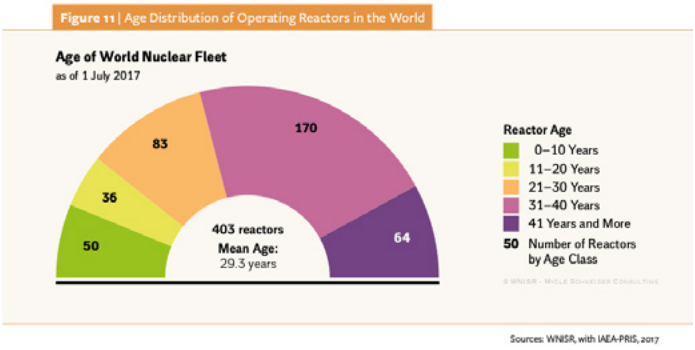
Table 1 | Nuclear Reactors "Under Construction" (as of 1 July 2017)[30]

Country	Units	Capacity (MW net)	Construction Starts	Scheduled Grid Connection	Behind Schedule
China	20	20 500	2009 - 2016	2017 - 2021	11
Russia	6	4 359	1983 - 2010	2017 - 2019	6
India	6	3 907	2004 - 2017	2018 - 2023	5
UAE	4	5 380	2012 - 2015	2018 - 2020	1
USA	4[a]	4 468	2013	2019 - 2020	4
South Korea	3	4 020	2009 - 2013	2018 - 2019	3
Belarus	2	2 218	2013 - 2014	2019 - 2020	1
Pakistan	2	2028	2015 - 2016	2021 - 2022	?
Slovakia	2	880	1985	2018 - 2019	2
Finland	1	1600	2005	2018	1
France	1	1600	2007	2019	1
Japan	1	1325	2007	?	1
Argentina	1	25	2014	2019	1
WORLD	**53**[b]	**52 310**	**1983 - 2017**	**2017 - 2023**	**37**

Sources: WNISR, with IAEA-PRIS and WNA, 2017

ليس من المحتمل أن تعوض الإنشاءات الجديدة عدد كل المفاعلات التي أصابتها الشيخوخة وستخرج من الخدمة ما يرجح مزيدًا من انخفاض نسبة الكهرباء النووية على مستوى العالم.

رسم توضيحي (28): رسم بياني يوضح توزيع المفاعلات النووية طبقا لعمر المفاعلات (المصدر: The World Nuclear Industry: Status Report 2017، ص. 37)



وحتى إذا استمرت كافة المفاعلات في العمل طوال 60 عامًا وليس 40 عامًا، فسوف يزيد ذلك عدد المفاعلات العاملة بنسبة خمسة فقط تضيف 16.5 جيجاوات في عام 2020. لكن بحلول عام 2030 يتعين إغلاق 163 مفاعلًا لانتهاء عمرها

180- المصدر السابق، 'The World Nuclear Industry'.

وفقدان 144.5 جيجاوات، لا توجد مصادر بديلة كافية لتعويضها وهكذا من المتوقع مزيد من انخفاض نسبة الطاقة النووية في العالم[181].

على الرغم من مؤشرات انخفاض الطاقة النووية، تشير توقعات وكالة الطاقة الدوليةIEA إلى أنه بحلول عام 2040 سيرتفع إجمالي إنتاج الطاقة من الطاقة النووية بنحو 50%. ولكن تحقق هذه التوقعات غير محتمل، خاصةً بالنظر إلى انخفاض مستوى البناء في الأسواق التقليدية في أوروبا الغربية وأمريكا الشمالية، وإلى تقادم محطاتها النووية إضافة إلى توجه عدد من البلدان إلى التخلص التدريجي منها.

181- المصدر السابق، 'The World Nuclear Industry'.

الفصل السابع: توجد بدائل أفضل

1 - ملخص الفصل

هناك العديد من الخيارات المتاحة لتلبية احتياجات العالم من الكهرباء أفضل من الطاقة النووية، على رأس هذه الخيارات مصادر الطاقة المتجددة الأبقى والأرخص والأكثر أمانًا واستدامة على البيئة، وفي حين من المتوقع أن تنفد مصادر اليورانيوم والوقود الأحفوري بعد عدة عقود من الزمن، فإن الموارد المتجددة وفيرة ولا تنضب.

تقود الرياح والخلايا الفوتوفولتية نمو سوق الطاقة المتجددة، في نهاية عام 2017 أصبحت طاقة الرياح تليها الطاقة الشمسية الفوتوفولتية أرخص أنواع الطاقة وأصبحت تتصدر جميع أنواع الطاقة في جذب الاستثمارات، ومن المتوقع تطوير وسائل تخزين فعالة في المستقبل القريب ستتغلب على تفاوت إنتاج الكهرباء من تلك المحطات.

تتمتع مصر بوفرة في مصادر طاقة الرياح والطاقة الشمسية، وأظهر تحليل خارطة الطاقة المتجددة، الذي أصدرته الوكالة الدولية للطاقة المتجددة عام 2018، أن مصر لديها القدرة على توفير 53% من مزيج الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة بحلول عام 2030، وأن هذا يقلل إجمالي تكاليف الطاقة بمقدار 900 مليون دولار سنويًّا.

2 - الطاقة المتجددة أفضل البدائل

الطاقة المتجددة وفيرة ولا نهائية

موارد الطاقة النووية محدودة، فمن المتوقع أن ينفد اليورانيوم، على الأقل اليورانيوم الاقتصادي، خلال عدة عقود من الزمن، كذلك الوقود الأحفوري، بينما الطاقة المتجددة لا نهائية، فطاقة الرياح والطاقة الشمسية، والمائية، والطاقة الحرارية الأرضية، والكتلة الحيوية كلها لا تُستنفد أو تتجدد خلال فترة حياة الإنسان[182].

> **"تبعث الشمس إلى الأرض كمية هائلة من الطاقة كل ساعة، تتجاوز ما يلزمنا لتلبية احتياجات الطاقة العالمية لمدة عام كامل[183].تستطيع طاقة الرياح توفير ما يتجاوز احتياجات العالم من الكهرباء بواقع 40 مرة[184]."**

الطاقة المتجددة الأرخص

> **"أصبحت الكهرباء المولدة من طاقة الرياح والخلايا الفوتوفولتية أرخص مصادر الكهرباء كافة."**

تراوحت تقديرات السعر المعدل للكهرباء من الخلايا الفوتوفولتية عام 2017، بين 43 إلى 48 دولارًا ميجاوات/ساعة.

182- Frewin, Chris. «Renewable Energy.» Student Energy. Accessed June 24, 2019. https://www.studentenergy.org/topics/renewable-energy

183- Imboden, Otis. «Solar Power Has Benefits as a Source of Alternative Energy.» Solar Power Information and Facts. September 15, 2017. Accessed June 24, 2019. https://www.nationalgeographic.com/environment//global-warming/solar-power

184- Lu, Xi, and Michael B. Mcelroy. «Global Potential for Wind-Generated Electricity.» Wind Energy Engineering, 2017, 51-73. doi:10.1016/b978-0-12-809451-8.00004-7

وطاقة الرياح البرية من 30 إلى 60 دولارًا ميجاوات/ساعة.

وهي أسعار أقل من أسعار:

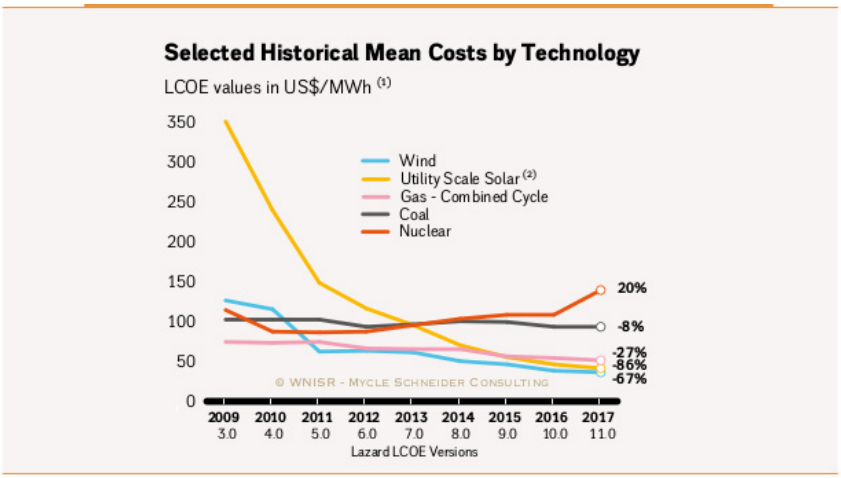
دورة الغاز المركبة (تتراوح من 42 إلى 78 دولارًا ميجاوات/ساعة).

ومن أسعار الفحم (يتراوح بين 60 إلى 143 دولارًا ميجاوات/ساعة).

ومن أسعار الطاقة النووية (بين 112 إلى 143 دولارًا ميجاوات/ساعة)[185].

"لقد أسهمت التطورات التقنية في خفض أسعار الطاقة المتجددة على نحو كبير جدًّا على مدى السنوات القليلة الماضية؛ في الفترة من 2009 إلى 2017، انخفضت تكاليف إنتاج الطاقة الفوتوفولتية بنسبة 86%، وطاقة الرياح بنسبة 67%، وهو انخفاض ليس له مثيل في أي مصدر آخر للطاقة[186]."

رسم توضيحي (29): انخفاض تكاليف مصادر الطاقة المتجددة مقابل مصادر الطاقة التقليدية (المصدر: The World Nuclear Industry: Status Report 2017، ص. 187)



Source: Lazard Estimates,2017[773]

وبسبب هذا الانخفاض المتسارع للأسعار تنتشر المزايدات التنافسية للطاقة المتجددة في جميع أنحاء العالم وتسجل أسعار طاقة الرياح والطاقة الشمسية أرقامًا قياسية في هذه المزايدات[187].

185- Mycle Schneider, Julie Hazemann, Tadahiro Katsuta, Andy Stirling, Ben Wealer, Antony Froggatt, Phil Johnstone, M.V. Ramana, Christian von Hirschhausen, Agnes Stienne. The World Nuclear Industry: Status Report 2018. A Mycle Schneider Consulting Project. September 2018. Accessed June 24 2019. https://www.worldnuclearreport.org/IMG/pdf/20180902wnisr2018-lr.pdf

186- المصدر السابق

187- Henze, Veronika. «Tumbling Costs for Wind, Solar, Batteries Are Squeezing Fossil Fuels.» BloombergNEF. March 28, 2018. Accessed June 24, 2019. https://about.bnef.com/blog/tumbling-costs-wind-solar-batter-/ies-squeezing-fossil-fuels

ولا يقتصر انخفاض الأسعار على طاقة الرياح والطاقة الفوتوفولتية فقط، ولكنه يشمل معظم المصادر المتجددة مثل الطاقة الشمسية المركزة والطاقة الحرارية الأرضية وغيرها، ومن المتوقع بحلول عام 2020 أن تنخفض جميع تقنيات توليد الطاقة المتجددة المستخدمة على نطاق تجاري لتصل إلى نفس تكلفة الوقود الأحفوري[188].

توليد الكهرباء من عدة مصادر متجددة أفضل اقتصاديًّا من استخدام الطاقة النووية، واستبدال خطط إنشاء محطات الطاقة النووية بخطط لإنشاء محطات الطاقة المتجددة قد يوفر بين 37-74% من قيمة أسعار الكهرباء للمستهلكين، كما أظهرت دراسة مهمة عام 2014 في دول الاتحاد الأوروبي[189].

3 - مستقبل الطاقة المتجددة

تكشف توجهات الاستثمار عن حجم الثقة التي تتمتع بها خيارات توليد الطاقة المختلفة في الأسواق المالية وهي مؤشر مهم على شكل مزيج الطاقة العالمي في المستقبل.

انعكس انخفاض تكاليف الطاقة المتجددة بوضوح على معدلات نموها وعلى معدلات نمو الاستثمار فيها[190]. وأصبحت الطاقة المتجددة تحتل مركز الصدارة في أسواق الاستثمار في الطاقة.

في عام 2017، بلغ إجمالي الاستثمارات المعروفة لبناء مشروعات نووية نحو 16 مليار دولار أمريكي، في نفس العام بلغت استثمارات طاقة الرياح أكثر من 100 مليار دولار أمريكي و160 مليار دولار أمريكي في مجال الطاقة الشمسية الفوتوفولتية[191]. لقد تضاعفت قدرات الطاقة الشمسية عالميًّا بواقع أربعة أضعاف في مدى خمس سنوات فقط من 2012 إلى 2017.

> **"أصبحت مصادر الطاقة المتجددة أسرع مصادر توليد الكهرباء نموًّا على مستوى العالم، في الوقت الراهن توفر مصادر الطاقة المتجددة 19% من إجمالي القدرات ومن المتوقع أن تصل إلى 30% خلال العشرين عام المقبلة[192]."**

انخفاض أسعار تخزين الطاقة المتجددة

يُعد العيب الرئيسي لطاقة الرياح والطاقة الشمسية هو الإنتاج المتقطع والمتغير، ولهذا تحتاج إلى التخزين لتعويض هذا التذبذب

188- IRENA (2018), Renewable Power Generation Costs in 2017, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. Accessed in June 24 2019. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Jan/IRENA_2017_Power_Costs_2018.pdf

189- Gabriele Mraz, Andrea Wallner, Gustav Resch, Demet Suna. Renewable Energies versus Nuclear Power: Comparing Financial Support. Wiener Umweltanwaltschaft/Vienna Ombuds-Office for Environmental Protection. Vienna, November 2014. Accessed June 24 2019. http://www.wua-wien.at/images/stories/publikationen/renewable-energy-versus-nuclear-power-summary.pdf

190- المصدر السابق، 'The World Nuclear Industry.. 2018'

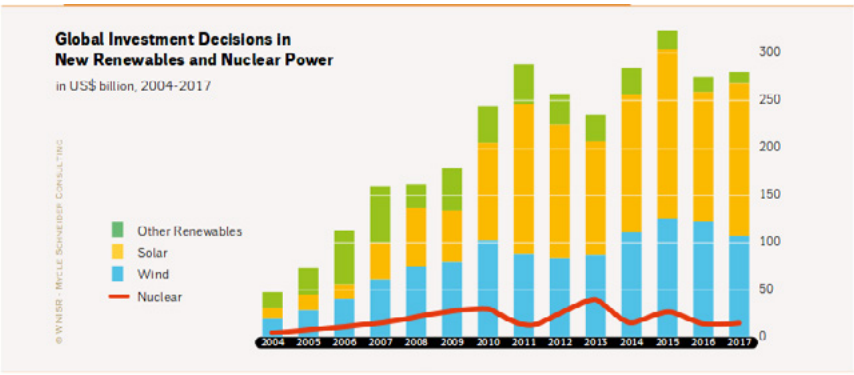
191- المصدر السابق

192- International Energy Outlook 2017. September 14, 2017. U.S. Energy Information Administration. Accessed June 24 2019. https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484(2017).pdf

في الإنتاج، كان اهم عائق أمام التخزين هو ارتفاع أسعار بطاريات التخزين ، لكن منذ عام 2010، انخفضت تكاليف بطاريات تخزين الليثيوم بنسبة 79% حيث يُظهر مؤشر أسعار البطاريات انخفاضًا من ألف دولار لكل كيلووات/ساعة في 2010 إلى 209 دولارات لكل كيلووات/ساعة في 2017[193].

هذا الانخفاض في أسعار التخزين يقوي من قدرة الطاقة المتجددة على استبدال المصادر التقليدية للكهرباء.

رسم توضيحي رقم (30): الاستثمارات العالمية في الطاقة المتجددة والطاقة النووية



4 - إمكانيات مصر الواعدة من الطاقة المتجددة

"لدى مصر وفرة من مصادر الطاقة المتجددة، وخاصة طاقة الرياح والطاقة الشمسية لم تُستغل جيداً بعد."

تُعد مصر واحدة من أكثر الدول ملاءمة لاستغلال الطاقة الشمسية، إذ تتمتع البلاد بما يتراوح من 2900 إلى 3200 ساعة من أشعة الشمس سنويًّا، بكثافة طبيعية مباشرة من 1970 إلى 3200 كيلووات/ساعة/متر مربع سنويًّا، وكثافة إشعاعية إجمالية تتراوح من 2000 إلى 3200 كيلووات/ساعة/متر مربع سنويًّا.

كما تتمتع مصر بإمكانيات كبرى من طاقة الرياح، خصوصًا في منطقة خليج السويس، التي تعتبر واحدة من أفضل المواقع في العالم لتسخير طاقة الرياح بسبب سرعات الرياح العالية والمستقرة حيث تصل السرعة في المتوسط بين 8 و10 متر/ثانية على ارتفاع 100 متر، كما اكتُشفت مناطق جديدة واعدة شرق وغرب نهر النيل[194].

تبلغ الطاقة الإنتاجية الإجمالية لمصادر الطاقة المتجددة في مصر 3.7 جيجاوات، من بينها 2.8 جيجاوات من الطاقة الكهرومائية وحوالي 0.9 جيجاوات من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح فقط.

وقد حدَّدت الحكومة المصرية هدف تحقيق نسبة 20% من الطاقة المتجددة في مزيج الكهرباء بحلول عام 2022، ونسبة 42% بحلول عام 2035 وهي أهداف شديدة الطموح مقارنة بالوضع الحالي. رغم ذلك تتجاوز إمكانيات مصر هذه الأهداف بكثير.

193- المصدر السابق، «Tumbling Costs for Wind, Solar»."

194- Renewable Energy Outlook: Egypt.» IRENA: International Renewable Energy Agency. October 2018.» Accessed June 24, 2019. https://www.irena.org/publications/2018/Oct/Renewable-Energy-Outlook-Egypt

"فوفقًا لتحليل الوكالة الدولية للطاقة المتجددة الأخير في 2018، تمتلك مصر القدرة على توفير 53% من مزيج الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة بحلول 2030. وسوف يؤدي انتشار محطات الطاقة المتجددة إلى تقليص إجمالي تكاليف الطاقة البالغ 900 مليون دولار سنويًّا أي ما يعادل توفير التكلفة بواقع سبعة دولارات لكل ميجاوات/ساعة. وإذا أخذنا في الاعتبار تقليل التكاليف الخارجية الناتجة عن تلوث الهواء، فإن الفوائد الاجتماعية والصحية الكبيرة ستصل إلى 4.7 مليار دولار أمريكي سنويًّا."

خلص تقرير الوكالة الدولية للطاقة المُتجددة إلى أن الإستراتيجية الحديثة التي جرى تطويرها عام 2014 لا تعكس التغيرات الاقتصادية والتقنية السريعة التي تحدث على الصعيدين المحلي والإقليمي وأن مصر تستطيع، من خلال تطوير الإستراتيجية بشكل صحيح، تعزيز أمن الطاقة في البلاد دون الحاجة إلى إدخال أي من الفحم أو الطاقة النووية[195].

195- المصدر السابق

الملحق الأول

الإطار التشريعي والتنظيمي لمشروع الضبعة

1 - تاريخيًّا

- تقع محطة الضبعة بين الكيلو 149 والكيلو 164 علي طريق الإسكندرية مرسى مطروح- بمحافظة مرسى مطروح وهي على بعد 6 كم إلى جهة الشمال من مدينة الضبعة بين العلمين 50 كيلو شرقا ومرسى مطروح 125 غربا . سينفذ المشروع على مساحة 45 كيلومترًا مربعًا، بطول 15 كيلومترًا على ساحل البحر، وبعمق 5 كيلومترات إلى الداخل.

تم اختيار موقع الضبعة لإنشاء المحطة النووية بموجب قرار رئاسي رقم 308 لسنة 1981[196]، وفي عام 1983 طرحت مصر مواصفات لإنشاء محطة نووية لتوليد الكهرباء قدرتها 900 ميجاواط، إلا أنها توقفت في عام 1986 بعد حادث تشيرنوبل، وفي عام 2002، أعلنت مصر عن نيتها في إحياء مشروع إنشاء مفاعل نووي للأغراض السلمية بمنطقة الضبعة على الساحل الشمالي المصري وفي عام 2003 تم الاستيلاء على أراضي سكان المنطقة وتهجيرهم قسرا، لكن المشروع بقى متوقفا[197].

بعد اندلاع ثورة يناير 2011 اجتاح عدد من سكان المنطقة الأراضي بالقوة واعتصموا فيها حتى العام 2013، حين عقدت لقاءات بين مسؤولين أمنيين والمعتصمين أدت إلى إخلاء المنطقة، وفيما بعد أعلنت السلطات المصرية أنها تمكنت من السيطرة على أرض المشروع وتسليمها بالكامل لهيئة الطاقة النووية، مع صرف مبالغ تعويض للأهالي[198].

وفي العام 2014، أعاد الرئيس المصري عبد الفتاح السيسي إحياء المشروع النووي، وتقدمت 6 شركات من الصين وفرنسا واليابان والولايات المتحدة وكوريا الجنوبية وروسيا لإقامة محطة الضبعة النووية، قبل أن تفوز بها الشركة الروسية، روساتوم.

2 - الاتفاق الروسي في عهد الرئيس السيسي

وفي 19 نوفمبر 2015 وقعت الحكومتان المصرية والروسية اتفاقيتين لبناء أول محطة نووية لتوليد الكهرباء في مصر وقد شهد الرئيسان المصري والروسي مراسم التوقيع[199].عقدت أحدي الاتفاقيتين بين وزارة الكهرباء المصرية وشركة روس آتوم الروسية الحكومية لبناء محطة نووية في منطقة الضبعة. وطبقا لما نشر من تصريحات تتكون المحطة النووية، من أربع وحدات نووية بقدرة إجمالية 4800 ميجاوات يتم تنفيذها بالتعاون مع الجانب الروسى، ومن المتوقع الانتهاء من الوحدة الأولى والاستلام الابتدائي والتشغيل التجاري بحلول عام 2026، والوحدات الثانية والثالثة والرابعة بحلول عام 2028.

عقدت الاتفاقية الثانية بين وزارتي المالية المصرية والروسية وتضمنت الحصول على قرض روسي لتمويل المشروع وتنص مسودة

196- أحمد عصام عيسى، 7 معلومات عن محطة الضبعة النووية، البوابة نيوز، 4 سبتمبر 2017، تم التصفح 29 يونيو 2019 https://www.albawabhnews.com/2696012

197- شيماء عزت، محطة الضبعة: طموحات ومخاطر الحلم النووي المصري، 13 ، 24 France ديسمبر 2017، تم التصفح 29 يونيو 2019 https://bit.ly/2J9EBRF

198- تقرير لجنة تقصي حقائق بشأن انتهاكات حقوق الأرض والسكن بالضبعة، تقرير حقوقي من إعداد: شبكة حقوق الأرض والسكن (التحالف الدولي للموئل)، المبادرة المصرية للحقوق الشخصية، والمركز المصري للإصلاح المدني والتشريعي 2012 https://eipr.org/sites/default/files/pressreleases/pdf/daba_report.pdf

199- محمد الجالي، أسماء مصطفى، أحمد حربي، أحمد عبد الرحمن، محمد شعلان، «السيسي يشهد توقيع اتفاق إنشاء المحطة النووية بالضبعة..»، اليوم السابع، 19 نوفمبر 2015، تم التصفح 29 يونيو 2019 https://bit.ly/2LvAked

اتفاقية القرض على حصول مصر على قرض حكومي روسي بقيمة 25 مليار دولار، لتمويل 85% من قيمة كل عقد توقعه المؤسسات المفوضة لذلك فى كلا البلدين بشأن الأعمال والخدمات والشحنات اللازمة للمشروع، على أن يوفر الجانب المصري النسبة المتبقية من التمويل، لصالح المؤسسات الروسية المفوضة، ويتم استخدام القرض لمدة 13 عامًا ويدفع الطرف المصري الفائدة على القرض بمعدل 3% سنويًّا يبدأ حسابها من اليوم الأول للأقساط، وفى حالة عدم سداد أيٍّ من الفوائد المذكورة خلال 10 أيام عمل، يخضع كمتأخرات لفائدة قيمتها 150% من معدل الفائدة المذكورة تحسب يوميًّا، على أن يسدد القرض نفسه على مدار 22 عامًا، تبدأ اعتبارًا من عام 20029 [200]

لم تنشر الاتفاقية المتعلقة بإنشاء وتشغيل المحطة النووية الموقعة بين وزارة الكهرباء والشركة الروسية في الجريدة الرسمية حتى الآن، ولم تعرض على البرلمان، كما لم تنشر العقود الأربعة التي تتضمنها الاتفاقية والتي طبقًا لتصريحات السيد وزير الكهرباء: عقود التصميم والإنشاء، وتأمين توريد الوقود النووي، والخدمات الاستشارية للتشغيل والصيانة، وإدارة الوقود المستنفد[201]

وفي 24 من ديسمبر سنة 2015 وافق السيد رئيس الجمهورية على الاتفاقية المتعلقة بتقديم القرض، مع التحفظ بشرط التصديق من البرلمان، وذلك حسبما نشر في الجريدة الرسمية، في 19 مايو 2016، أي بعد التوقيع بحوالي ستة أشهر. ولم تعرض اتفاقية القرض على البرلمان حتى الآن كما يوجب نص المادة 151 من الدستور، رغم تقدم عدد من النواب بطلبات إحاطة لمناقشة الاتفاقية. وكانت منظمات مدنية معنية قد طالبت بالإفصاح عن التفاصيل وعرض الاتفاقية على البرلمان [202].

وفي فبراير 2016 نشرت الوقائع الرسمية - العدد 40 في 18 فبراير 2016 - قرار رئيس هيئة الرقابة النووية والإشعاعية بتحديد قيمة التأمين أو الضمان المالي للترخيص بإنشاء أو تشغيل محطة قوى نووية لتوليد الكهرباء بمبلغ ستون مليون جنيه (3.4 مليون دولار أمريكي تقريبا) يقدمها القائم بالتشغيل،

وهي هيئة المحطات النووية المصرية، لتغطية الأضرار أو الخسائر التي يثبت مسؤوليته عنها في حال وقوع حادث نووي في منشأته.

وفي 7 فبراير 2016 أصدر النائب العام ، قرار يحظر النشر في التحقيقات التي تجريها النيابة العامة، في شأن مشروع إنشاء المحطة النووية بالضبعة ووفق «وكالة أنباء الشرق الأوسط» فقد شمل قرار الحظر جميع وسائل الإعلام المسموعة والمرئية، والصحف والمجلات القومية والحزبية اليومية والأسبوعية، المحلية والأجنبية وغيرها من النشرات أياً كانت، وكذا المواقع الإلكترونية. ولم يشر القرار إلي طبيعة تلك التحقيقات[203]

200- عادل البهنساوي، «انفراد.. 25 مليار دولار تمويلا روسيا للمشروع النووي»، جريدة المال، 30 نوفمبر ، تم التصفح 29 يونيو 2019 https://bit.ly/2X5BejG

201- رحمة رمضان، وزير الكهرباء: نسعى لتوقيع باقي عقود مشروع الضبعة النووي في أقرب وقت، اليوم السابع، 15 يناير 2017، تم التصفح 29 يونيو 2019 https://bit.ly/2FBzZCM

202- المبادرة المصرية تطالب الحكومة بالإفصاح وباحترام الدستور في اتفاقيات محطة الضبعة، المبادرة المصرية للحقوق الشخصية، 17 ديسمبر 2017، تم التصفح 29 يونيو 2019 https://bit.ly/2IUiDTz

203- النائب العالم يحظر النشر في تحقيقات محطة الضبعة النووية، البيان، 7 فبراير 2016، تم التصفح 29 يونيو 2019 https://www.albayan.ae/one-world/arabs/2016-02-07-1.2567535

وقد أثار القرار اعتراض عدد من المنظمات الأهلية[204] وعدد من الخبراء[205] خاصة وأن الممارسات والتوصيات الدولية تشير إلى ضرورة إقامة حوار في المجتمع لطمأنة الجماهير والرد على مخاوفهم واستفساراتهم وأنه من شروط إقامة المفاعلات النووية في أي دولة في العالم هو أن يكون هناك تقبل من المجتمع للمشروع من خلال إمداده الجمهور بالمعلومات وكل بكل ما هو جديد وليس حجبها.

وفي فبراير 2017 نشرت هيئة المحطات النووية لتوليد الكهرباء، بصفتها مالكة للمحطات والجهة الإدارية المختصة، إعلاناً على موقع وزارة الكهرباء يتضمن دعوة إلى حضور «جلسة حوار مجتمعي» لعرض نتائج دراسة تقييم الأثر البيئي والاجتماعي الخاصة بمشروع إنشاء وتشغيل المحطة النووية لتوليد الكهرباء في الضبعة، حيث يتطلب قانون البيئة المصري 4 لسنة 1994 وقانون تنظيم الأنشطة النووية والإشعاعية رقم 7 لسنة 2010 إجراء دراسة تقييم الأثر البيئي والاجتماعي للمشروعات النووية كشرط لإقامة هذه المشروعات، كما تعتبر (المشورة المجتمعية) مطلب لا غنى عنه لاستيفاء دراسات تقييم الأثر البيئي والاجتماعي.

وفي 25 فبراير 2017 عقدت جلسة الحوار المجتمعي حول مشروع الضبعة النووي في الضبعة وفيها تم توزيع «ملخص غير تقني» لتقييم التأثيرات البيئية والاجتماعية أعدته شركة «وورلى بارسونز» الأسترالية بصفتها استشاري المشروع، وانتهى الملخص المقتضب إلى انخفاض» غير مسبوق» لآثار المحطة على البيئة المحيطة والبيئة البرية والبحرية والخصائص الطبيعية والمعمارية والأثرية مع غياب الآثار الضارة غير المقبولة وذلك دون ذكر التفاصيل. كان الطابع الاحتفالي طاغيا في جلسة الحوار ولم تكن هناك فرصة للعرض الجيد للمعلومات أو إجراء نقاش جدي حولها[206].

3 - تقييم التعديلات القانونية والتنظيمية المستحدثة

وفي 27 نوفمبر 2017 عقد البرلمان المصري جلسة عامة طارئة وافق خلالها، دفعة واحدة، على ثلاثة مشروعات قوانين تتعلق بالطاقة النووية تقدمت بهم الحكومة، هم مشروع قانون «بإنشاء الجهاز التنفيذي للإشراف على مشروعات إنشاء المحطات النووية لتوليد الكهرباء»، ومشروع قانون بتعديل بعض أحكام «القانون رقم 13 لسنة 1976 بإنشاء هيئة المحطات النووية لتوليد الكهرباء»، ومشروع قانون بتعديل بعض أحكام «قانون تنظيم الأنشطة النووية والإشعاعية رقم 7 لسنة 2010[207]

تضمنت تلك القوانين نصوصا تضعف استقلالية أجهزة الرقابة النووية، منها أن يضم تشكيل مجلس إدارة «الجهاز التنفيذي» وهو الجهاز المشارك في إنشاء المحطة النووية، ممثلًا عن هيئة الرقابة النووية وهو يخالف متطلبات الأمان بالوكالة الدولية للطاقة

204- حظر النشر عن مشروع الضبعة النووي.. مزيد من التخويف والشكوك، المبادرة المصرية للحقوق الشخصية، 28 ديسمبر 2015، تم التصفح 29 يونيو 2019 https://bit.ly/2RHtnYm

205- إسلام المصري، إبراهيم العسيري: حظر النشر في الضبعة «غير منطقي»، فيتوجيت، 22 ديسمبر 2015، تم التصفح 29 يونيو 2019 https://www.vetogate.com/1963372

206- هشام عمر عبد الحليم، علي الشوكي، أحمد البحيري، الحوار المجتمعي حول مشروع الضبعة النووي، المصري اليوم، 25 فبراير 2017، تم التصفح 29 يونيو 2019، https://www.almasryalyoum.com/news/details/1094337

207- نورا فخري، البرلمان يوافق نهائيا على مشروع قانون هيئة المحطات النووية، برلماني، اليوم السابع، تم التصفح 29 يونيو 2019، https://bit.ly/2RHUZgb

الذرية، ويخالف نص القانون المصري (رقم 7 لسنة 2010) الذي يحظر على أعضاء هيئة الرقابة أي صلة بالمنشآت التي يراقبونها لأنه يخلق تعارض في المصالح ويضعف الدور الرقابي للهيئة. كما سمحت القوانين بتخويل هيئة الرقابة إنشاء شركاتٍ لاستثمار أموالها، وهو أيضا يخلق تعارض مصالح بين المنافع الاقتصادية للهيئة وبين نزاهة واستقلالية دورها الرقابي[208].

كما قدم قانون هيئة المحطات النووية حزمة هائلة من الإعفاءات والمزايا والاستثناءات المالية، إذ أعفي القانون المحطات النووية من جميع الضرائب والرسوم، وأعفى ما تستورده الهيئة من الضرائب الجمركية وغيرها من الضرائب والرسوم، كما يعفيها من كافة الضرائب على فوائد القروض الخارجية التي تعقدها، ويعفى كذلك الشركات والهيئات المتعاقدة معها والعاملين الأجانب من كافة الضرائب[209].

وقد اعترضت وزارة المالية على هذه الإعفاءات خصوصًا وأن الهيئة والجهاز التنفيذي يحصلان على مخصصات من خزينة الدولة[210].

كما علق مجلس الدولة على التداخل في الاختصاصات الذي يسببه قانون «إنشاء الجهاز التنفيذي للإشراف على المحطات النووية»[211].

وكانت منظمات معنية بالطاقة والبيئة قد انتقدت ضعف الهيئات الرقابية حتى قبل تعديلات القوانين وطالبت تدعيمها و بمزيد من الشفافية وإطلاق موقع إلكتروني للهيئة يتضمن نشر تقارير عن أنشطتها الرقابية وعن الموقف الإشعاعي في البلاد كما يتطلب القانون[212].

بدء التفعيل

وفي 10 ديسمبر 2017 شهد الرئيس عبدالفتاح السيسى، والرئيس فلاديمير بوتين رئيس جمهورية روسيا الاتحادية، التوقيع على وثيقة البدء في تفعيل وتنفيذ عقود مشروع المحطة النووية المصرية الأولى بالضبعة بين كل من الدكتور محمد شاكر وزير الكهرباء والطاقة المتجددة ممثلاً للجانب المصرى وأليكسى ليخاتشييف رئيس شركة روس أتوم الروسية ممثلاً للجانب الروسى[213].

208- المبادرة المصرية تعترض على القوانين المتعلقة بالطاقة النووية وتطالب بعدم توقيع عقود المحطة النووية قبل مراجعة القوانين، 10 ديسمبر 2017، تم التصفح 29 يونيو 2019 https://bit.ly/2XA5Ei5

209- المصدر السابق

210- نورا فخري، جدل بالبرلمان بشأن إعفاء ما يستورده «جهاز الإشراف على المحطات النووية»، برلماني، 27 نوفمبر 2017، تم التصفح 29 يونيو 2019 https://bit.ly/2FG884n

211- ولاء جمال، قسم التشريع يوضح ملاحظاته على مشروع قانون «المحطات النووية»، البوابة نيوز، 25 فبراير 2017، تم التصفح 29 يونيو 2019 https://www.albawabhnews.com/2394145

212- راجية الجرزاوي، ليست هذه سكة السلامة إلى الضبعة: حول متطلبات وإجراءات الأمان للطاقة النووية، جريدة الشروق، 31 أكتوبر 2017، تم التصفح 29 يونيو 2019

https://www.shorouknews.com/columns/view.aspx?cdate=31102017&id=bfc4ba-fa-dd05-40cb-ba78-2281e024fd8a

213- محمد الإشعابي، بداية تحقيق الحلم النووي المصري بالتوقيع على وثيقة بدء إشارة تنفيذ محطة الضبعة، الأهرام، 11 ديسمبر 2017، تم التصفح 29 يونيو 2019 http://gate.ahram.org.eg/News/1734720.aspx

وقد تسلم الخبراء الروس الموقع بنهاية ديسمبر 2017 طبقا لتصريحات رئيس هيئة المحطات النووية[214]

وفي مايو 2018 أيضا صرح مصدر مسئول بهيئة المحطات النووية، أنه تم الاتفاق بشكل مبدئي على بدء الخطوات التنسيقية لإنشاءات الدعم اللوجستي لمفاعل الضبعة النووي، وأكد قرب انتهاء هيئة الرقابة النووية من مراجعة وفحص كل البيانات المقدمة من هيئة المحطات النووية، لاستخراج تصاريح العمل للمهندسين والفنيين المصريين العاملين بالمشروع[215]

وفي مايو 2018 أيضا أعلن وزير الكهرباء عن إنشاء مركز للنفايات النووية في الضبعة ما يفهم منه أن النفايات ستبقى هناك وأنه ل اتوجد بعد أي خطة للتخلص طويل المدي منها[216]

في سبتمبر سبتمبر 2018 افتتح نائب وزير التربية والتعليم للتعليم الفني، اليوم الأحد، المدرسة الفنية المتقدمة لتكنولوجيا الطاقة النووية بمدينة الضبعة، بمقرها بمرسى مطروح والتي تقبل الحاصلين على شهادة إتمام التعليم الأساسي فقط، ما قد يفهم منه أن الخريجين سوف يشكلون الكوادر الدنيا في المفاعل[217].

في فبراير 2019 تسلمت هيئة المحطات النووية من مؤسسة روساتوم تقرير تحليل الأمان المبدئي لمراجعته تمهيداً لبدء عمل التصميمات،طبقا لمصدر مسئول بوزارة الكهرباء والطاقة المتجددة،مؤكداً أن الهيئة انتهت من مراجعة التقرير وتم الموافقة عليه و أشار المصدر، إلى أنه بنهاية العام الحالي سيتم الانتهاء من جميع النواحي الإدارية من حيث التصميمات والموافقات الخاصة بالمحطة النووية بالضبعة لتوليد الكهرباء، لافتا إلى أنه بنهاية هذه الإجراءات ستبدأ الشركة الروسية فى أعمال الإنشاء[218]

في 8 أبريل 2019 أعلن رئيس «المحطات النووية إن الهيئة حصلت على إذن قبول اختيار موقع الضبعة بعد اعتماده من قبل هيئة الرقابة النووية والإشعاعية في أوائل مارس 2019، وأن هذا الإذن ضمن سلسلة من التراخيص الخاصة بالمحطة النووية، حيث يأتي هذا الإذن على رأسها نظراً لأنه يصدر للموقع ككل ولجميع الوحدات النووية المقرر إنشاؤها، أما باقي التراخيص والأذون فتصدر لكل وحدة نووية على حدة[219].

214- رحمة رمضان، المحطات النووية: خبراء 'روساتوم' في الضبعة بصفة مستمرة منذ ديسمبر 2017، اليوم السابع، 17 فبراير 2019، تم التصفح 29 يونيو 2019 https://bit.ly/2DWpXKH

215- محمد صلاح، مصدر ب «روس أتوم»: وفد من الشركة يزور الضبعة بعد العيد، مصراوي، 19 مايو 2018، تم التصفح 29 يونيو 2019 https://bit.ly/2ZU3fwf

216- محمد صلاح، وزير الكهرباء: عقود الضبعة النووية هي الأفضل في العالم من حيث السعر والتكنولوجيا وشروط التدريب، جريدة الشروق، 14 مايو 2018، تم التصفح 29 يونيو 2019

https://www.shorouknews.com/news/view.aspx?cdate=14052018&id=6f1b9979-1d97-4351-b1c8-75b889d6685f

217- ياسمين محمد، نائب وزير التعليم يفتتح مدرسة الضبعة النووية بمطروح بتكلفة 60 مليون جنيه، مصراوي، 30 سبتمبر 2018، تم التصفح 29 يونيو 2019 https://bit.ly/2YjiFK4

218- المصدر السابق، «المحطات النووية: خبراء 'روساتوم'..."

219- محمد صلاح، «إنجاز كبير».. ماذا يعني حصول مصر على إذن قبول اختيار «الضبعة النووية»؟، مصراوي، 8 أبريل 2019، تم التصفح 29 يونيو 2019 https://bit.ly/2KLG7fM

الملحق الثاني

الجدال المجتمعي

توصي الممارسات والتوصيات الدولية بضرورة فتح الحوار حول الطاقة النووية في المجتمع لطمأنة الجماهير من خلال إمدادهم بالمعلومات و بالتطورات وعدم حجب المعرفة والآراء، وأنه من أساسيات إقامة المفاعلات النووية قي أي دولة في العالم التقبل المجتمعي للمشروع.

كان مشروع المحطات النووية في الضبعة قد أثار كثيرا من الجدل على الساحة العامة

كانت هناك بطبيعة الحال آراء مساندة للمشروع ، سواء عن اقتناع أصحابها بأهمية الطاقة النووية وقيمتها، أو عن اقتناع بضرورة مساندة قرارات الحكومة بشكل عام والقرارات التي تحظى بتأييد مؤسسة الرئاسة بشكل خاص. وساد على الساحة الإعلامية توجه نحو تسييس المشروع باعتباره «الحلم النووي» الذي طال انتظاره والإنجاز الذي سوف يرفع مصر إلى مصاف الدول المتقدمة وأن مساندة « المشروع النووي» دليل على الإخلاص والولاء الوطني .

لكن كان هناك أيضا الكثير من الآراء والأصوات التي عبرت عن اعتراضها أو أثارت تساؤلات أو مخاوف حول المشروع، لكن بدلا من فتح حوار مجتمعي واسع يقوم على مناقشة الحجج ونشر المعلومات كما تشجع التوصيات الدولية ، صدر قرار حظر النشر في « مشروع الضبعة» بأمر من النائب العام، والذي ابتسر ما كان قد بدأ من حوار.

ونستعرض فيما يلي أهم الموضوعات التي تداولتها الآراء المعارضة للمشروع التي أمكننا رصدها والتي نعتقد أنها جديرة بإتاحة الفرصة لمناقشتها والرد عليها.

1- جدال لأسباب اقتصادية واستراتيجية

مثل الاعتراض بسبب ارتفاع تكلفة البناء[220] وأيضا طول مدة الإنشاءات[221] وكذلك ارتفاع سعر الكهرباء النووية مقارنة بغيرها خصوصا مع وجود بدائل كثيرة أفضل أرخص سعرا مثل الطاقات المتجددة[222]، ومثل اعتراضات لأسباب استراتيجية[223] تتعلق بخطورة الاعتماد على الخارج في توفير الوقود والتخلص من الوقود المستنفد[224] ومن الاعتمادية الشديدة على روسيا ومن

220- أيمن رمضان، هاني النقراشي: تكلفة المحطة النووية تعادل 50 من محطات الطاقة الشمسية، اليوم السابع، 15 سبتمبر 2014. تم التصفح 8 يوليو 2019. https://bit.ly/2XwB591

221- «EGYPT›S NUCLEAR POWER PLANT PLANS SUBJECT TO DELAYS.» Public Library of US Diploma-cy. December 22, 2009. Accessed July 08, 2019. https://www.wikileaks.org/plusd/cables/09CAIRO2348_a.html

222- راجية الجزراوي، بعد مرور 3 سنوات على توقيع اتفاقية المحطة النووية.. هل مصر الآن بحاجة إلى توليد الكهرباء من النووي؟، الشروق، 24 نوفمبر 2018. تم التصفح 8 يوليو 2019. https://www.shorouknews.com/columns/view.aspx?cdate=24112018&id=48b-6c5ba-b69e-4e56-86cc-7534b4864f46

223- هشام عمر عبد الحليم، رئيس نادي «الطاقة الذرية»: يجب إعادة النظر في جدوى المحطة النووية الاقتصادية (حوار)، 3 أبريل 2017. تم التصفح 8 يوليو 2019. https://www.almasryalyoum.com/news/details/1112265

224- عماد الدين حسين، الضبعة والسياحة.. وبينهما روسيا، 16 ديسمبر 2017. تم التصفح 8 يوليو 2019 https://www.shorouknews.com/columns/view.aspx?cdate=16122017&id=b6dfaa75-c5a1-40ba-9437-09c5ee-ba9fb2

تأثير الاعتبارات السياسية على حرية اتخاذ القرار المصري[225].

كذلك اعتراضات على القرض الروسي الذي يحتسب القرض الأكبر في تاريخ مصر[226] وتأثيره على الاقتصاد . كما كانت هناك اعتراضات رجال الأعمال[227] على اختيار موقع الضبعة في الساحل الشمالي المتفرد في إمكانياته الطبيعية[228] وأن هذا يهدر فرص التنمية السياحية الأفضل اقتصاديا من المحطة النووية من وجهة نظرهم

2 - الجدال حول عملية اتخاذ القرار وغياب الحوار والمشاركة والشفافية

وذلك لأن عملية اتخاذ القرار المنتهي بتوقيع الاتفاقية لم تكن واضحة ولا معلنة[229] ولم تأت معبرة عن تشاور كاف داخل المجتمع أو شراكة في صنع القرار خصوصا مع مع تراجع أدوار مؤسسات الدولة أمام مؤسسة الرئاسة والأجهزة المحيطة به، كذلك لم تنشر الاتفاقية المتعلقة بإنشاء وتشغيل المحطة النووية ، واعتراضات على تراجع دور البرلمان[230] حيث لم تعرض اتفاقية القرض على البرلمان بالمخالفة للدستور ، وحيث تم عرض مشروعات القوانين الثلاثة والموافقة عليها في نفس الجلسة[231] في عجالة ودون فرصة حقيقية للنقاش

أيضا اعتراضات بسبب عدم معرفة تفاصيل ما تم التوقيع عليه[232]، أو نشر دراسات الجدوى الاقتصادية أو دراسات تقييم الأثر البيئي خصوصا وأن المؤتمر الشعبي للحوار المجتمعي الذي عقد في الضبعة[233] تم إدارته بطريقة صورية دون مناقشة تفاصيل المشروع بجدية أو إتاحة فرصة للحوار بشأنه.

225- طارق شلتوت، تفاصيل أول بيان رسمي للسفيرة فايزة أبو النجا مستشار الرئيس للأمن القومي، 30 يناير 2019. تم التصفح 8 يوليو 2019. http://www.elmogaz.com/node/526766?fbclid=IwAR37stAmI6w7f37WTdmbexKcYN-G7DIA6tHy1t5SrXuoCkCu3CXq1ABSc7xU

226- السيسي يوقع على قرض روسي يعادل نصف الدين الخارجي لمصر، جريدة المال، 19 مايو 2016، تم التصفح 30 يوليو 2019 https://bit.ly/2ynhA8N

227- Gamal Assam El-Din, A Nuclear Falling Out, Al-Ahram Weekly, 3-9 September 2009, Issue no. 963. Accessed 8 July 2019. http://weekly.ahram.org.eg/Archive/2009/963/eg3.htm

228- Matt Bradely, Egypt›s Nuclear Plants Threatened, The National, 30 October, 2009. Accessed 8 July 2019. https://www.thenational.ae/world/africa/egypt-s-nuclear-plans-threatened-1.60758

229- زياد بهاء الدين، بمناسبة مشروع الضبعة.. كيف يتخذ القرار في مصر؟، 18 ديسمبر 2017. تم التصفح 8 يوليو 2019. https://www.shorouknews.com/columns/view.aspx?cdate=18122017&id=eaa630d8-a7e4-4d45-b788-a948339b0468

230- المبادرة المصرية تطالب الحكومة بالإفصاح وباحترام الدستور في اتفاقيات محطة الضبعة. المبادرة المصرية للحقوق الشخصية. 17 ديسمبر 2017. تم التصفح 8 يوليو 2019. https://bit.ly/2IUiDTz

231- المبادرة المصرية تعترض على القوانين المتعلقة بالطاقة النووية وتطالب بعدم توقيع عقود المحطة النووية قبل مراجعة القوانين. المبادرة المصرية للحقوق الشخصية. 10 ديسمبر 2017. تم التصفح 8 يوليو 2019. https://bit.ly/2XA5Ei5

232- حازم حسني، الضبعة.. والضبة.. والمفتاح!، التحرير، 21 نوفمبر 2015. تم التصفح 8 يوليو 2019. https://bit.ly/2JveUel

233- عثمان الشرنوبي، لهذه الأسباب تراجع أهالي الضبعة عن رفض المشروع النووي، مدى مصر، 1 مارس 2017. تم التصفح 8 يوليو 2019. https://bit.ly/2Xyw7Zp

واعترض بعض المسئولين داخل الهيئات النووية نفسها[234] على عدم مشاركة الخبراء والكوادر من هذه الهيئات حول الملف ولا حول ملفات أخرى هامة في المجال النووي.

3 - جدال حول ملائمة المشروع لمصر بسبب ضعف الخبرات والكفاءات

وقد جاءت هذه المعارضات في معظمها من الخبراء والباحثين فقد اعترض عدد من خبراء الطاقة النووية منهم المدير السابق لهيئة المحطات النووية على المشروع[235] لأن مصر تفتقر حاليا إلى الخبرات المدربة في كافة المستويات والقطاعات القادرة على إدارة مشروع معقد مثل المحطات النووية. وأن منظومة التعليم العالي في مصر غير قادرة على سد هذا النقص بسرعة. وقد اعترض أيضا رئيس نادى تدريس هيئة الطاقة الذرية[236]، الذي يرى أننا لا نمتلك أى خبرات فى تشغيل المفاعلات النووية، وأن شروط بناء الكوادر مفقودة في الوضع الحالي ، وأنه لا يمكن تحقيق نهضة حقيقية دون إصلاح منظومة التعليم والبحث العلمى بمصر أولا.

4 - الجدال بسبب ضعف الإطار التنظيمي والرقابي النووي

حيث كان رأي البعض ومنهم المدير السابق لهيئة المحطات النووية[237] أن القانون لا يعطي وزن كافي لاعتبارات الأمان النووي وأن هناك نفوذ قوي للسلطة التنفيذية في هيئة الأمان النووي ما يضعف استقلاليتها ، خصوصا وأن القانون يخلو من الإشارة إلى مرجعية القوانين والمعاهدات الدولية[238]

جدير بالذكر أن مصر لم تصدق على اتفاقية الأمان النووي حتى الآن بالرغم من أنها قامت بالتوقيع عليها عام 1994. تعتبر مصر وإيران الدولتان الوحيدتان الغير منضمتين إلى اتفاقية الأمان النووي، ويبنيان مفاعلات نووية[239].

وقد اعترض باحثين في البيئة[240] على ضعف قدرات هيئة الرقابة النووية والإشعاعية حتى مقارنة مع مثيلاتها في دول مجاورة وأنها لا تقوم بدورها بكفاءة في الرقابة على مجالات قائمة بالفعل في الطب والأبحاث ومجال توعية الجمهور. كما اعترضوا على أن تعديل القوانين[241] الذي تم أخيرا يزيد من ضعف هيئة الرقابة النووية الضعيفة أصلا.

234- مرجع سابق، «رئيس نادي الطاقة الذرية: يجب إعادة..»

235- Ibid, "Egypt's Nuclear Plants"

236- المرجع السابق، «رئيس نادي الطاقة الذرية»

237- Ibid, "Egypt's Nuclear Power Plants"

238- المرجع السابق

239- «Convention on Nuclear Safety.» IAEA. October 20, 2014. Accessed June 29, 2019. https://www.iaea.org/topics/nuclear-safety-conventions/convention-nuclear-safety

240- المرجع السابق، « ليست هذه سكة السلامة»

241- المرجع السابق، «المبادرة المصرية تعترض»

5 - جدال بسبب مخاوف من الحوادث النووية

وقد نشر بعض الكتّاب[242] مقالات عن عواقب الحوادث النووية وعن الحلم النووي الذي سيتحول إلى كابوس نووي، كما كانت هذه المخاوف الشاغل الأكبر للجمهور الواسع من غير المتخصصين، والذي عبر خلال منصات التواصل الاجتماعي عن هذه المخاوف التي يرون أن لها ما يبررها ظل ضعف كفاءة الأداء وضعف الإدارة والبنية التحتية والتعليم والفساد[243]

242- محمد المخزنجي كابوس مصر النووي https://www.shorouknews.com/columns/view.aspx?cdate=04032010&id=49d4b4bf-d059-4978-84e0-68cfdf3c5c6a

243- https://twitter.com/hashtag/المفاعل_النووي_المصري?src=hash