مجلة دراسات وأبحاث اقتصادية في الطاقات المتجددة
ISSN: 3292-5353/E-ISSN: 2661-7528
المجلد: 08، العدد:01 - السنة: 2021 ، ص.ص: 231 - 254

الاستخدامات السلمية الصناعية للطاقة النووية، تحليل أولي لمشروع الضبعة بجمهورية مصر العربية

Peaceful Industrial Uses of Nuclear Energy, A Preliminary Analysis of the Dabaa Project in the Arab Republic of Egypt

محمد محمود عبدالله يوسف، * جامعة القاهرة، مصر، البريد الالكتروني: Mmyoussif@cu.edu.eg

تاريخ الاستلام: 2020/08/16 **تاريخ القبول: 2020/09/28**

ملخص: هذه الدراسة تحاول ابراز المجالات المتاحة كبيرة للاستخدام السلمي للطاقة النووية في مشروع "الضبعة" في مصر، مثل توليد الكهرباء وتحلية مياه البحر، والاستخدامات السلمية الصناعية مثل قيام صناعات جديدةوا إحداث تشابكات بين الصناعات، والأثر الإيجابي على التشغيل والناتج المحلي الاجمالي. لكن هناك تحديات تواجه الاستخدام السلمي للطاقة النووية، أهمها التكلفة العالية لإنشاء وتشغيل المفاعلات النووية، وطول الفترة الزمنية للانشاء والتشغيل،و التخلص الآمن من النفايات. خلصت الدراسة إلى أنه يمكن تمويل المشروع بقرض ميسر ووفق مخطط زمني قريب الأجل وخطة شاملة لاحتواء وادارة المخاطر المحتملة.

الكلمات المفتاحية: الطاقة النووية؛ مشروع ضبعة؛ مصر؛ الآثار الاقتصادية؛ الطاقات المتجددة.

تصنيفات JEL: Q55 ; Q42 ; Q47

Abstract: This study aims to highlight the available areas for the peaceful use of nuclear energy in the "El Dabaa" project in Egypt, such as generating electricity and desalinating sea water, and peaceful industrial uses, such as establishing new industries, creating interlocks between industries, and also the positive impact on employment and gross domestic product. However, there are many challenges facing the peaceful use of nuclear energy, the most important are the high cost of constructing and operating nuclear reactors, the time for construction and operation, and the safe disposal of waste. The study concluded that the project could be financed with a loan according to a short-term timeline and a comprehensive plan to contain and manage potential risks.

Keywords: nuclear energy; Dabaa project; Egypt; economics effects; renewable energies.

JEL classification codes : Q55 ; Q42 ; Q47

* . المؤلف المراسل

المنارة للاستشارات

مقدمة:

يعتبر الاستخدام السلمي للطاقة الذرية فرصة لمواجهة الطلب المتزايد على الطاقة، وللمساعدة في تحقيق أهداف التنمية المستدامة؛ وتشكل الطاقة المتجددة وكفاءة إستهلاك الطاقة الركيزتين الأساسيتين لإنجاز التحول الطاقوي، كما تعتبر أيضا المسار الأمثل لإنجاز غالبية الخفض المطلوب في الانبعاثات الغازية بالسرعة اللازمة، حيث يمكنهما تحقيق ما يزيد على 90% من التخفيضات المطلوبة في الانبعاثات الكربونية المرتبطة بالطاقة، وذلك باستخدام تقنيات آمنة وموثوقة ومنخفضة التكلفة (IRENA, 2018, p.4).

يمكن تعريف الطاقة النووية بأنها الطاقة التي ينتجها المفاعل النووي عن طريق الانشطار النووي أو الإندماج النووي إذ أنها تنطلق حين تتحول الذرات من نوع إلى آخر، ويحدث هذا التحول إما عن طريق تكسيرها "الانقسام"، وفي هذه العملية تنقسم ذرة ثقيلة إلى ذرتين متوسطي الحجم، واما عن طريق التجميع "الاندماج" وهنا تتحد ذرتان خفيفتان لتكوين ذرة من الحجم المتوسط.

لقد عرفت معاهدة منع انتشار الأسلحة النووية لعام 1968م الاستخدام السلمي الطاقة النووية، حيث عر فته بأنه "كل نشاط سلمي تقوم به الدول، ولا تسعى من خلاله إلى امتلاك أو حيازة أو صنع أسلحة نووية أو أية أجهز ة تفجير أخرى"، كما أنها سعت إلى إعطاء تعريف آخر لامتلاك واستخدام الطاقة النووية وذلك بقولها إنه: "حق الدولة في حيازتها واستعمالها للطاقة النووية" (مختاري، 2017، ص. 6).

أ- الاشكالية:

تم الإعلان عن تدشين مشروع إنشاء محطات نووية للاستخدامات السلمية للطاقة في الضبعة عام 2013م، ثم تم توقيع عقد إنشاء محطة الطاقة النووية بالضبعة عام 2015م، وذلك بقرض روسي يسدد على 35 سنة، يتضمن إنشاء 4 مفاعلات نووية تنتج 4800 جيجا / الساعة من الجيل الثالث المطور، لتوليد الطاقة النووية بطاقة 1200 ميجاوات لكل

(مفاعل)، ومن المتوقع الإنتهاء من الوحدة الأولى منها والاستلام الابتدائى والتشغيل التجارى بحلول عام 2026م، والوحدات الثانية والثالثة والرابعة بحلول عام 2028م، وتصل نسبة المساهمة المحلية في الوحدة الأولى والثانية من 20% إلى 25 % وتزداد بصورة تدريجية في الوحدات التالية لتصل إلى حوالي 35% في الوحدة الرابعة.

من خلال هذه الدراسة فإن الإشكالية التي سيتم دراستها تتمثل في:

ما هي انعكاسات الاستخدمات السلمية للمفاعلات النووية لمفاعل "ضبعة" على النشاط الاقتصاد في مصر؟

ب- منهجية الدراسة:

الدراسة اعتمدت على المنهج الوصفي التحليلي، لوصف وبيان تأثير الاستخدمات السلمية للنفاعلات النووية على النشاط الاقتصادي ومؤشرات التنمية المستدامة، وذلك لمناسبته مع طبيعة الدراسة.

جـ- أهداف الدراسة:

تسعى الدراسة إلى إبراز المجالات المتاحة للاستخدام السلمي للطاقة النووية، وانعكاسها على لمؤشرات الاقتصادية في مصر، كما تحاول الدراسة التعرف على أهم معوقات تجسيد مشروع "الضبعة"، ومحاولة تقديم الحلول المناسبة لتجاوز هذه العقبات.

د- أهمية الدراسة:

تظهر أهمية الدراسة في كون أن الطاقة النووية تمثل إحدى أهم المصادر الاساسية للطاقة خارج النفط، بالاضافة عن كونها طاقة نظيفة وصديقة للبيئة، الأمر الذي يعطيها القدرة في تحقيق التنمية المستدامة، ونظرا للامكانيات الكبيرة في مصر، وللحاجة لايجاد بديل للطاقة التقليدية، التي تتسم بالنضوب، تعمل الجهات المختصة في مصر لتجسيد التحول الطاقوي وتحقيق أبعاد التنمية المستدامة.

أولا- أوجه الاستخدامات السلمية للطاقة النووية:

تتعدد الاستخدامات السلمية للطاقة النووية وتأتى في مقدمتها توليد الكهرباء، وتولد الطاقة النووية الآن حوالي 14% من كهرباء العالم بواسطة 436 مفاعل قوي في 31 بلد بقدرة اجمالية تصل إلى 376 ألف ميجا وات كهربائي، (المحجوب وآخرون، 2014، ص.1)، وهناك حوالي 17 بلدا تعتمد على الطاقة النووية في توليد أكثر من ربع حاجتها من الكهرباء، ولعله من المفيد الإشارة إلى أن فرنسا تولد 78% من احتياجاتها من الطاقة الكهربائية بالطاقة النووية (المحجوب وآخرون، 2014، ص.1).

تقدر الوكالة الدولية للطاقة أن معدل نمو إنتاج واستهلاك الطاقة في العالم يقدر بـ 2% سنويا، و هذه النسبة ستبقى حتى عام 2030م، وأن الاستهلاك العالمي للكهرباء سيتضاعف حتى عام 2030م، وبالتالي فإن هناك حاجة لتأمين 4700 جيجاواط كقدرة توليدية.

يرى الاتحاد العالمي النووي أن القدرة التوليدية من المحطات النووية ستبلغ حوالي 524 جيجاواط كحد أدنى وترتفع إلى 740 جيجاواط كحد أعلى، وتشير الإحصائيات إلى أن عدد المفاعلات تحت الإنشاء حاليا يبلغ 33 مفاعلا، وهناك 94 مفاعلا في مرحلة التخطيط، بينما هناك مقترحات لبناء 222 مفاعلا (عبيد، 2015، ص. 2).

في الواقع تتعدد الاستخدامات السلمية للطاقة النووية لتحقيق عدد من الأهداف كالتالي:

1- توليد الطاقة الكهربائية: تتفاوت النسبة المئوية من الكهرباء المولدة نوويا تفاوتا كبيرا من نسبة قصوى تبلغ 78 % في فرنسا من خلال محطاتها النووية البالغ عددها 59 محطة؛ إلى 54% في بلجيكا؛ و39 % في جمهورية كوريا؛ و37 % في سويسرا؛ و30 % في اليابان؛ و19 % في الولايات المتحدة الأمريكية؛ و16 % في روسيا؛ و4 % في جنوب إفريقيا؛ و2 % في الصين (قوريدة وآخرون، 2017، ص. 30)؛ تتضح أهمية الطاقة النووية من مميزاتها التالية:

- تعد كمية الوقود النووية المطلوبة لتوليد كمية كبيرة من الطاقة الكهربائية أقل بكثير من كمية الفحم والبترول اللازمة لتوليد نفس الكمية، فعلى سبيل المثال طن واحد من اليورانيوم يقوم بتوليد طاقة كهربائية أكبر من تلك التى تولدها ملايين من براميل البترول أو ملايين الأطنان من الفحم، كما أنه لو تم الاعتماد على الطاقة الشمسية لتوليد معظم حاجة العالم من الطاقة لكانت تكلفتها أكبر بكثير من تكلفة الطاقة النووية (تيمور، 2010).
- تنتج محطات الطاقة النووية جيدة التشغيل أقل كمية من النفايات بالمقارنة مع أى طريقة أخرى لتوليد الطاقة.
- إن مصدر الوقود اليورانيوم متوفرة بكثرة وكثافة عالية وهو سهل الاستخراج والنقل فى حين أن مصادر الفحم والبترول محدودة وملوثة.
- تشغل المحطات النووية لتوليد الطاقة مساحات صغيرة نسبياً من الأرض بالمقارنة مع محطات التوليد التى تعتمد على الطاقة الشمسية أو طاقة الرياح (تيمور، 2010).
- تستخدم محطات القوى النووية، الطاقة الحرارية لتوليد البخار الذي يستخدم بعد ذلك في إدارة التربينات التي تدير بدورها مولدات الكهرباء. والاختلاف الرئيسي مع محطات الوقود التقليدية في مصدر الحصول على الطاقة الحرارية. فبينما تعتمد محطات القوى التقليدية على حرق الفحم أو البترول أو الغاز الطبيعي لتوليد هذه الطاقة الحرارية فإن محطات القوى النووية تعتمد على انشطار الوقود النووي لتوليد هذه الطاقة الحرارية (وزارة الكهرباء والطاقة المصرية، 2019، ص. 18).

يوضح الجدول التالي الاستهلاك الفعلي والمتوقع من مصادر الطاقة المتجددة والبديلة حتى نهاية عام 2025م.

جدول رقم (1) الاستهلاك الفعلي والمتوقع من مصادر الطاقة المتجددة والبديلة حتى نهاية عام 2025

الوحدة : كواردريليون وحدة حرارية بريطانية

الدول	2001	2005	2010	2015	2020	2025	متوسط التغيير
إجمالي الدول الصناعية	17.1	20	21.6	22.8	24	25.2	1.6
إجمالي الدول النامية	11.8	14	16.2	17.8	19.3	20.8	2.4
إجمالي العالم	32.2	37.6	41.5	44.5	47.3	50	1.9

المصدر : كافي، 2016، ص. 62

يوضح الجدول السابق الاعتماد المتزايد على الطاقة المتجددة خاصة في الدول الصناعية، والتي تشمل الطاقة النووية، حيث يتوقع استهلاك 25.2 كواردريليون وحدة حرارية بريطانية في عام 2025م، كما يتوقع استهلاك الدول النامية طاقة متجددة تقدر بـ 20.8 وحدة حرارية بريطانية في عام 2025م مما يعني التوجه لزيادة استخدام الطاقة المتجددة ومنها الطاقة النووية.

تحقق المفاعلات النووية ميزة اقتصادية مهمة، حيث أن تكلفة إنتاج الكهرباء بواسطة الطاقة النووية تعتبر الأقل على الإطلاق مقارنة ببقية أنواع الوقود، رغم التكلفة المرتفعة لإقامة المحطة النووية ورغم تكاليف التخلص من النفايات النووية، وتكاليف تفكيك المنشئات النووية بعد خروجها من الاستعمال، كما أن تكلفة اليورانيوم الخام تمثل حوالي 5 % من التكلفة الإجمالية، أما وقود اليورانيوم بعد المعالجة فهو يمثل حوالي 15 %، بينما تمثل تكلفة الوقود في المحطات التي تعمل بالغاز حوالي 75% من التكلفة الإجمالية (مختاري، 2017، ص. 52).

2-تحلية مياه البحر:

يمكن استخدام الطاقة النووية في تحلية المياه وبكميات كبيرة وبتكلفة منخفضة في الدول التي تعاني من نقص المياة العذبة اللازمة للتوسع الصناعي، والزراعي، والنمو السكاني (وزارة الكهرباء والطاقة المصرية، 2019، ص. 18).

تمثل المياه العذبة 1.7 % من كمية المياه المتاحة على ظهر الكرة الأرضية، أما بقية الكمية فتتكون من مياة البحار والمحيطات المالحة، وتحتوى ثلوج القطبين الشمالي والجنوبي على حوالى 97% من كمية المياه العذبة (قوريدة وآخرون، 2017، ص. 31).

وتعد تكنولوجيا إزالة ملوحة المياه هى البديل التكنولوجى المتاح حاليا لإنتاج المياه العذبة ويمكن استخلاص أهم استخدامات التكنولوجيا النووية في تنمية الموارد المائية في النقاط التالية (مختاري، 2017، ص. 16):

- استخدام النظائر المشعة في دراسات تتبع مجاري و مصادر المياه الجوفية في الصحاري والأراضي القاحلة؛
- استخدام مصادر الأشعة النيترونية لقياس معدلات الرطوبة في الأرض؛
- استخدام المصادر الإشعاعية لإنتاج بوليمرات صناعية تضاف للتربة الصحراوية لرفع قدرتها على الاحتفاظ بمياه الري؛
- يمكن استخدام حزم الإلكترونات ذات الطاقة العالية التي تنتجها معجلات الأشعة الإلكترونية لمعالجة مياه الصرف الصحي عن طريق تقليلللملوثات الضارة وا إزالة الألوان والروائح غير المرغوب فيها (الوكالة الدولية للطاقة الذر ية، 2015، ص. 15)، وتسعى الصين، لاستخدام تكنولوجيا الإشعاع كجزء من طرق معالجة مياه الصرف الصحي، من أجل تعزيز الجهود المبذولة لإدارة النفايات الصناعية بطريقة صديقة للبيئة (جاويرث، 2015، ص. 14).

3- دعم البحث العلمي:

تستخدم النظائر المشعة في الأبحاث العلمية الطبية المتعلقة بعلاج العديد من الأمراض كالإيدز والزهايمر والسرطان، كما تستخدم في هندسة الجينات وتحديد العمر الزمني للبقايا والمخلفات الحيوية سواء نباتات أو حيوانات أو طفيليات كما هو الحال في الحفريات والآثار والأدوات الأثرية المصنعة من مكونات نباتية وحيوانية كالأخشاب والجلود والعظام وغيرها (NPPA, 2020).

4 - المجال الطبي:

تؤدي التطبيقات النووية في الطب دورا كبيرا في الرعاية الصحية الحديثة، من خلال الاستخدام الآمن والفعال للإشعاعات بهدف تشخيص الأمراض، ويتم ذلك باستخدام الأشعة السينية والنظائر المشعة بدءا من العظام إلى طب الأسنان وتقويم الأعضاء (قوريدة وآخرون، 2017، ص. 36)، وكذلك استخدام النظائر المشعة في دراسة نمو الخلايا البشرية وعلاج مرض السرطان وأمراض المخ والأعصاب (آل خليفة، 2014، ص. 8)، وكذلك علاج النشاط التسممي للغدة الدرقية والذبحة الصدرية وهبوط القلب والأنيميا (قوريدة وآخرون، 2017، ص. 37).

من أهم المجالات الصحية التي تستخدم فيها الطاقة النووية مجال الفحص والتشخيص، مجال الطب الوقائي وفي مجال التعقيم وهو مهم للغاية حالياً في ظل المستجدات الصحية والأوبئة مثل "كورونا" (مختاري، 2017، ص. 8).

5-في مجال الزراعة و انتاج الاغذية:

تستخدم النظائر المشعة في على نطاق واسع في مجال وقاية النباتات والبذور من الآفات ولزيادة إنتاجها وتحسين سلالتها وحفظ الأطعمة لمدة طويلة، ويمكن تلخيص أهم استخدامات النظائر للووية المشعة في مجال الزراعة و الأمن الغذائي في عدة نقاط منها (NPPA, 2020):

- استخدام النظائر المشعة لمعرفة قدرة النبات على التأقلم تحت ظروف معينة وتربة خاصة؛

- استخدام النظائر المشعة في تقييم المخزون الفعلي للنبات من المياه والأسمدة.

ثانيا - الاستخدامات السلمية الصناعية للطاقة النووية

تتعدد الاستخدامات السلمية الصناعية للطاقة النووية، وفي مقدمتها اختبارات الجودة والأمان، فالمباني والأنابيب والأجهزة الطبية وقطع غيار السيارات هي بعض الأنواع من المنتجات التي تعالج بواسطة الإشعاعات بأسلوب مراقب وآمن خلال فترة التصنيع. وتؤدي مثل هذه الإجراءات إلى زيادة الجودة والأمان، فيستفيد منها المنتج والمستهلك معا (يوكيا، 2015، ص. 1).

يمكن استخدام الطاقة الذرية والتكنولوجيا النووية في الاستخدامات الصناعية السلمية كمايلي:

1- الاختبار الصناعي باستخدام التكنولوجيا النووية" الاختبار غير المتلف":

يعد الاختبار غير المتلف أداة لمراقبة الجودة تستخدم لفحص سلامة المكونات والآلات والمباني والهياكل من أجل ضمان أمانها وجودتها وخاصة اذا كان الأمر يستدعي الفحص السريع، مثل الحاجة إلى اختبار الهياكل المدنية العمومية بسرعة مثل الكباري بحثا عن تشققات وعيوب مستترة (فيغاس، 2015، ص. 5)، وقد ساهم الاختبار الصناعي باستخدام التكنولوجيا النووية في قدرة قطاع التصنيع في ماليزيا على المنافسة، وأصبح يعرض خدمات الاختبار غير المتلف باستخدام أجهزة نووية على المصنِّعين في البلدان المجاورة (بلونسكي، 2015، ص. 20).

من بين المنتجات التي يجري اختبار جودتها باستخدام هذه التقنية أنابيب النفط والغلايات وأوعية الضغط ومعدات الطائرات والسفن، وقد أدت الوكالة الدولية للطاقة الذرية دور ا مهما بمساعدة ماليزيا في إنشاء وكالات معتمدة للتدريب ونظام للاعتماد، وعلى الترويج

لتكنولوجيات الاختبار غير المتلف مثل اختبار التصوير الإشعاعي. ونتيجة لهذه الشراكة العريقة، هناك أكثر من 50 شركة في ماليزيا توظف أكثر من 2000 من التقنيين حاصلة على اعتماد لإجراء الاختبار غير المتلف (بلونسكي، 2015، ص. 20).

تعتبر المصادر المشعة وسيلة دقيقة للغاية لقياس سمك الصفائح المعدنية الرقيقة والأوراق والأنسجة والسيراميك، وليس هذا فحسب بل تساعد على التعرف الفوري على أية اختلافات في سمك أية منطقة من مناطق تلك النواتج المستعملة صناعياً، بالإضافة إلى معرفة حجم السوائل في الخزانات (التكريتي، 2018، ص. 5).

دخل ميدان الاختبارات اللاتلافية من خلال التصوير الإشعاعي والتدقيق في معظم المجالات الصناعية مثل المجالات التالية:

- **في صناعة المعادن:** حيث يتم فحص المصبوبات المعدنية والمشغولات بالطرق ومنتجات الدرفلة والمنتجات المسحوبة كالصفائح والأنابيب وغير ذلك بهدف ضبط جودة المنتجات وبالتالي ضمان جودتها؛
- **في النقل:** كاختبار أجزاء الطائرات قبل إطلاقها وبعد عودتها واختبار عجلات وخطوط السكك الحديدية الخاصة بالقطارات السريعة؛
- **في المبادلات الحرارية:** حيث يتم اختبار جدران أوعية الضغط وأنابيب البخار في مولدات البخار والوصلات اللحامية في أنابيب الدائرة الأولية والدائرة الثانوية.

2 - حفظ وصلاحية المواد الغذائية "الصناعات الغذائية":

تتعدد الأسباب التي من أجلها يتجه الأفراد لتصنيع المواد الغذائية، ففي بعض البلاد يكون الهدف الأساسي هو تخزين الأغذية الرئيسة كالحبوب والخضراوات والجذور لحين الحاجة إليها، بينما يأمل آخرون في إيجاد فرصة عمل لهم وزيادة مستويات دخولهم من خلال هذه النوعية من المشروعات " الصناعات الغذائية".

ويتضمن تطبيق الطاقة الذرية "الاشعاع المؤين" إيقاف أو على الأقل الحد من نشاط الكائنات الدقيقة من بكتريا وفطريات وانزيمات تعمل على تحلل الغذاء ومن ثم الحفاظ على الغذاء من التلف (التكريتي، 2018، ص. 6)، كما استخدمت بعض هذه النظائر المشعة فى الصناعة للكشف عن بعض الأخطاء التى قد تحدث فى عمليات التصنيع ، أو للكشف عن بعض الشروخ الدقيقة فى اللحامات المعدنية (فتحى عبد الصبور، 2002، ص.77).

3 - صناعة الأسلاك والكوابل:

استخدمت التكنولوجيا الإشعاعية في معهد البحوث النووية وبحوث الطاقة في ساو باولو بالبرازيل، وخاصة في عام 2015م ، لجعل الأسلاك والكوابل أقوى وأكثر صموداً للمواد الكيميائية والنيران (الوكالة الدولية للطاقة الذرية، 2016، ص. 20).

يمكن استخدام الإشعاع في عالم البوليمرات وتطبيقاته المختلفة، صناعية وزراعية وطبية وبيئية، فقد استخدام الإشعاع في تحضير مواد "بوليميرية" وألياف صناعية ومطاط لها صفات وظيفية خاصة وذلك لإمكانية استخدامها فى المجالات الصناعية كالمستحلبات البوليميرية المحبة للماء والتي لا تلوث البيئة بغرض استعمالها كمواد لاصقة، وأيضا البوليمرات الملدنة بمضافات خاصة ومواد حامية من الأشعة وذلك لتحسين خصائصها الكيميائية والميكانيكية بهدف استخدامها في:

- عوازل الكابلات الكهربائية؛
- التغليف والبيوت الزراعية؛
- صناعة أنابيب نقل المياه ومياه الصرف الصحي؛
- تحضير أغشية صناعية من مواد البوليمرات المختلفة وذلك لإمكانية استخدامها في بعض التطبيقات الصناعية مثل المبادلات الأيونية واستخدامها كفواصل وعوازل للبطاريات (التكريتي، 2018، ص. 5).

4 - صناعة النفط: التكنولوجيا النووية الاستكشافية

تستخدم المستكشفات أو المقتفيات النووية للمساعدة في تحسين إنتاج النفط عن طريق رسم خرائط لحقول النفط تحت الماء، ووفق "تور بيورنشتاد"، فإنه قبل استخدام المقتفيات النووية كان العلماء يعتمدون على رسم الخرائط الزلزالية، مما نتج عنه بيانات أقل دقة.

في الوقت الحاضر، يتم استخدام التكنولوجيا الاقتفائية في أكثر من 30 بئرا مختلفا، بينما يجمع عينات من مئات الآبار الأخرى، ثم تجمع عيناتالتربة من الآبار في المنطقة، و اذا ما تم التقاط جهاز الاقتفاء بعينات متعددة، فإن ذلك يشير إلى أن الآبار متصلة، ويستخلص النفط من ذات المستودع (رولفاغن، 2015، ص. 16).

في الصناعات البترولية والبتروكيميائية تستخدم طرق الاختبارات اللاإتلافية في الكشف الدوري على سلامة الأجزاء عند الوصلات اللحامية وسلامة الأجزاء المعرضة للتلف أو للتآكل وتحديد المكونات التي يتوجب رفضها أو تلك التي يتوجب إصلاحها (التكريتي، 2018، ص. 5).

5 - صناعة الدواء:تعقيم الأدوات الطبية و انتاج المستحضرات الاشعاعية

وفي مثال حديث على ذلك تستخدم غانا التكنولوجيا الإشعاعية لتعقيم المفردات الطبية وذلك لتحقيق رعاية صحية أفضل، وقد تم استخدام أحدث التكنولوجيا، التي طورت بدعم من الوكالة، لإنتاج المستحضرات الصيدلانية الإشعاعية في فيينا عام 2014م (الوكالة الدولية للطاقة الذرية، 2016، ص. 20)، و يمكن استخدام الاشعاع فى تحضير هيدروجيلات مناسبة ومدعمة على مواد بوليميرية مختلفة ذات خصائص ميكانيكية وكيميائية مناسبة وذلك لامكانية استخدامها فى تكنولوجيا المواد الحيوية والطبية (التكريتي، 2018، ص. 4) مثل:

- صناعة الدواء وتوصيله تحت التحكم وتأثره بالوسط المحيط مثل (ph) وتركيز السكر، الأمر الذين يتطلب ظروف مرضهم لعلاج طويل ومستمر مثل مرضى السكر؛
- تدعيم بعض أنواع الإنزيمات والخلايا الحية ذات الأهمية فى مجال التشخيص والعلاج؛

- صناعة الأجهزة التعويضية فى الكائن الحي مثل الأوردة والشرايين وصمامات القلب، وهذا يتطلب مواد بوليميرية لها ثبات كيميائي وحراري وخصائص ميكانيكية قوية للاستخدام لسنوات طويلة وتتميز بتوافقها وتجانسها مع أنسجة الإنسان؛

- استخدام البوليميرات في مجال الغسيل الكلوى بالأغشية الصناعية الحيوية وهذا يخدم قطاع عريض من المرضى الذين يعانون من الفشل الكلوي؛

- تحضير هيدروجيلات طبية صالحة كضمادات للجروح والحروق ولها تأثير ايجابي على الالتئام بسرعة ودون تلوث الجروح و الحروق؛

- استخدام الإشعاع في تعقيم الأدوات الطبية (التكريتي، 2018، ص. 4)، مثل الضمادات والقفازات والأردية وفلاتر الكلى والحقن، الأجهزة الطبية مثل القسطرات والأدوات الجراحية، أدوات التجميل والمنتجات الاستهلاكية، مستلزمات المعامل ومنتجات النسيج.

6 - صناعة السياحة "التكنولوجيا النووية وترميم الآثار:

يمكن استخدام التكنواوجيا النووية في ترميم الآثار، فعلي سبيل المثال خلال أعمال الحفر التي تمت في عام 2001م في "بيكان"، وهو موقع ينتمي لحضارة "المايا" في جنوب شرق المكسيك، تم اكتشاف تمثال خشبي يبلغ من العمر 2000 عاما، وبفضل التكنولوجيا النووية، استطاع العلماء إعادته إلى سابق عهده (ديكسيت، 2015، ص. 24).

ثالثا- تحليل أولي لمشروع الضبعة النووي بجمهورية مصر العربية

بدأت مصر الإعداد لانشاء محطات للطاقة النووية للتغلب على أهم عقبتين تواجهان التنمية المستدامة وهما توفير الكهرباء والمياه، إضافة إلى المساهمة في تطوير برامج البحث العلمي وتطوير الصناعة المصرية، من خلال التصاعد بنسب التصنيع المحلي مع كل محطة جديدة (المرقبي، 2016، ص. 2).

1- مشروع الضبعة: البداية والأهداف

خلصت إحدى الدراسات إلى أن الطاقة النووية في مصر لها جدوى اقتصادية على أساس قيامها بتوليد 10 % في عام 2025م.، و12 % في عام 2030م.، و15 % في عام 2050م.، ويكون الاختيار المقترح لتكنولوجيا المفاعل النووي evolutionary أو LWR المستخدمة هو استعمال تكنولوجيا مفاعل الماء الخفيف ذي دورة الوقود المفتوحة غير أن هذه الجدوى مرهونة بعدة محددات أساسية تتعلق بالتخطيط والتنفيذ والمدة الزمنية للتشغيل (Selim , 2009, p.1).

2- مشروع الضبعة، التوقعات للاستخدامات السلمية للطاقة النووية:

يتوقع أن يكون العائد من المحطة النووية كبير خاصة أن مصر، حيث ستدفع أرباحها لتسديد قرض من روسيا والذي يبلغ 25 مليار دولار للمفاعلات الأربعة، وسيتم دفع أقساط مشروع محطة الضبعة على مدار الـ 35 سنة وأول قسط سيكون عقب بناء الأربع مفاعلات بعدة سنوات، ويتمثل العائد أيضا في انخفاض تسعيرة الكهرباء المولد من محطة الضبعة (أبوشادي، 2020)، كما يوفر المشروع حوالى عشرة آلاف فرصة عمل خلال فترة الإنشاء، وما لا يقل عن 4 آلاف فرصة عمل دائمة .

أ- توليد الكهرباء: يطمح المشروع إلى سد عجز الكهرباء التي تعاني منه مصر، وبالتالي انخفاض سعر التكلفة على الدولة والمواطن على حد سواء، وتسعى مصر من خلال خطة 2030م (استراتيجية التنمية المستدامة) إلى زيادة الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة لتبلغ 44 % بحلول عام 2030م، مقابل 9 بالمئة فقط حاليا، وبالتالي المساهمة في خفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بنسبة 10 % (موسى الدبور وآخرون، 2018، ص. 35).

تعد الميزة الأولى هي الكهرباء التي يتم توليدها من محطة الضبعة للطاقة النووية، والتي تعمل بصورة ملحوظة على تلبية الطلب المتزايد على الطاقة الكهربائية في مصر، حيث أن

الطلب على الكهرباء في مصر يشهد نمواً سنوياً بمعدل يفوق 10% منذ عام 2010م، ومن المفترض أن يسهم توليد الطاقة من هذه الوحدات الأربع من طراز VVER-1200 بمحطة الضبعة النووية عند اكتمالها في توليد أكثر من 10 % من إجمالي قدرات توليد الطاقة في مصر، وهو ما سيتيح لمصر زيادة صادراتها من الطاقة، والتي تبلغ حاليا 12.10 كيلو وات للفرد الواحد، أي أقل ب 50 مرة من المتوسط الأوروبي (أبو شادي، 2018، ص. 1).

بالنسبة للطلب المحلي فإن الطاقة التي سيتم إنتاجها من محطة الضبعة النووية ستؤدي على الأرجح لانخفاض تعريفة تسعير الكهرباء، حيث أنه بالنظر إلى متوسط الأسعار العالمية للبدائل المختلفة لتوليد الطاقة فإن الطاقة النووية تعد أرخص مصدر للطاقة مقارنة بغيرها من التقنيات، خاصة أن سعر الكيلو وات/ ساعة للطاقة النووية يبلغ في المتوسط 3.2 سنتا، في حين أن أسعار الكهرباء التي تم انتاجها عن طريق البترول والغاز، تصل إلى 11.2- 13.0 سنت / كيلو وات/ ساعة (سلمان، 2018، ص. 1).

تنتج الطاقة النووية طاقة نظيفةدون تلوث أو انبعاثات كربونية، و اذا كانت مصر ستحقق هدفها الوطني المتمثل في توليد 20 % من الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة، خلال السنوات القليلة المقبلة، فإن الطاقة النووية هي الخيار الصديق للبيئة والأكثر واقعية وأمانا (عبدالنبي، 2018، ص. 2).

ب- تحلية المياه: من المزايا الرئيسة المتوقعة لمفاعل الضبعة هو قيامه بتحلية المياه، ومن الخصائص المميزة تشغيل المحركات "التوربينات" بتقنية الجيل الثالث المعتمدة على تحويل مياه البحر إلى بخار، وهو ما يمكن الاستفادة منه عبر نظام الأغشية النووية لمعالجته، بدلا من إلقاء المياه بعد تحولها من حالتها الغازية في البحر مرة أخرى.

تعتمد غالبية الطرق الحديثة في إزالة ملوحة مياه البحر على ثلاث طرق رئيسة هي التقطير والتناضح العكسي والبلورة ويعتمد التقطير غير المضغوط على رفع درجة حرارة المياه إلى درجة الغليان لتكوين بخار ماء ومن ثم تكثيفه، بينما يعتمد التناضح العكسي

على فصل الماء عن الأملاح من خلال أغشية شبه مسامية تسمح بمرور الماء وتحتجز أيونات الأملاح، في حين تجرى البلورة عبر تبريد الماء تحت درجات منخفضة لتصبح على شكل بلورات متجمدة ومن ثم تقطيرها، ومن ثم يتوقع للتكنولوجيا النووية أن تحقق انجازاً كبيراً في هذا المجال (القاضي، 2017).

جـ- الاستخدام السلمي الصناعي: يساهم بناء محطة الضبعة للطاقة النووية في تطوير الصناعة المصرية من خلال برنامج طويل الأجل، حيث تزداد حصة التصنيع المحلية وفقا لخطة واضحة، ففي البداية ستكون نسبة مشاركة الشركات المصرية في بناء محطة الضبعة حوالي 20 %، وهي بالفعل نسبة جيدة، وسوف تزداد تلك النسبة مع إقامة كل وحدة لاحقة في محطة الضبعة النووية، حيث تكتسب الشركات المحلية المزيد من الخبرة، وتقوم بتهيئة مرافقها الإنتاجية لتناسب احتياجات ومتطلبات المحطة.

من المتوقع أيضا، أن يكون لمشروع محطة الضبعة النووية تأثير كبير على زيادة الناتج المحلي الإجمالي في مصر، ليس فقط من خلال زيادة إيرادات المقاولين المحليين، بل أيضا من خلال تحفيز النمو في الصناعات ذات الصلة مثل مواد البناء والمعدات والآلات والمرافق والخدمات الأخرى. كما سيسهم المشروع في زيادة القوة الشرائية للسكان، وبالتالي زيادة عقود التوريد في قطاع الخدمات والسلع الاستهلاكية (عبدالنبي، 2018، ص. 2).

فيما يخص الصناعات الجديدة التي تستهدف المحطة النووية إدخالها، فهناك صناعات جديدة كالأنابيب والمواسير ذات المواصفات الخاصة والتي يتم استخدامها في محطة القوى النووية، بالإضافة إلى الارتقاء بضمان وتوكيد الجودة الخاصة بالصناعة المصرية، وبصفة عامة، تقدر ايرادات محطة الضبعة النووية بحوالي 300 مليار دولار على مدار عمره الإنتاجي (أبو شادي، 2018، ص. 2).

رابعا - تحديات الاستخدام السلمي للطاقة النووية:

من بين تلك التحديات الطلب المتزايد على الطاقة الكهربائية والمياه المحلاة بسبب الزيادة السكانية والنمو الاقتصادي، خاصة أن القدرة الكهربائية المتوقع إنتاجها من الطاقة النووية في منطقة الشرق الأوسط بأكملها حتى العام 2040 م، تتراوح من 11-42 جيجاوات (أحمد، ص. 183).

هناك العديد من التحديات والمعوقات التي قد تعرقل استخدام الطاقة الذرية،و أهمها ارتفاع تكلفة الإنشاء والتشغيل، طول الفترة الزمنية، نقص الخبرات والكوادر الوطنية الموهلة، وهناك محددات عدة مهمة تؤثر على تكلفة الكهرباء التي تولدها محطة الطاقة النووية، وكشفت شركة "أريفا" الفرنسية التي تبيع محطات الطاقة النووية عن أن 70% من تكلفة كيلوميجاواط من الكهرباء النووية يتم حسابه باحتساب التكاليف "الثابتة" من عملية البناء، و20 % من التكاليف التشغيلية "الثابتة"، و10 % أخرى من التكلفة التشغيلية "المتغيرة".

تتمثل التكاليف الثابتة في البناء في دفع الفائدة على القروض وتسديد رأس المال، ويدخل في الحساب أيضا تكاليف التفكيك والتنظيف من الملوثات الإشعاعية، ويتم تحديد تكلفة كل كيلوواط/ساعة حسب القدرة على الاعتماد على المحطة، فكلما كانت إمكانية الاعتماد على المحطة أعلى زاد إنتاجها للمخرجات، والتي يمكن توزيع التكاليف الثابتة عليها، أما التكاليف المتغيرة الأساسية فهي تكاليف التشغيل والصيانة والتصليح (توماس، 2011، ص. 18).

تشكل التكلفة الرأسمالية للمحطة النووية حوالي 60% من تكلفة إنتاج الكهرباء في هذه المحطات، وتتفوق عليها التكلفة الرأسمالية لمحطات الطاقة المتجددة حيث تبلغ حوالي 90%، أما تكلفة الوقود النووي اللازم لانتاج الطاقة الكهربائية فيشكل 20% من تكلفة إنتاج الكهرباء. إن الوقود النووي في المحطات يعتمد على خام اليورانيوم، ويبلغ الاستهلاك العالمي لليورانيوم 70 ألف طن في السنة، ويشكل سعر اليورانيوم 5% من تكلفة سعر إنتاج

الكهرباء، حيث بلغ تكلفة الوقود النووي في الثمانينيات حوالي 1.28 سنت لكل كيلوواط كهرباء وانخفضت هذه النسبة الى 0.44 سنت لكل كيلوواط الآن (عبيد، 2015، ص. 6).

يوجد اليورانيوم في الطبيعة في ثلاث نظائر رئيسة هى اليورانيوم 238 نسبة 99.3% واليورانيوم 235 بنسبة 0.7%، ويمثل هذا النظير المادة الطبيعية الملائمة للانشطار النووي واليورانيوم 234 ويوجد بنسبة ضئيلة جدا في اليورانيوم الطبيعي (هيئة المحطات النووية لتوليد الكهرباء الصرية، 2020، ص. 2).

جدول رقم 2: تكاليف إنشاء وتشغيل المفاعلات النووية

الحصة / النسبة	الوصف
%70	التكلفة الثابتة للبناء والفوائد على القروض/ تسديد رأس المال
%20	العمليات الثابتة "تكلفة/ كيلوواط بالساعة"
	تعتمد على مدى إمكانية الاعتماد على المحطة "مثال عامل الحمل"
%10	عمليات مختلفة: التشغيل، الصيانة، التصليح، الوقود
غير مدرج	تكيك المفاعل أو المحطة، التخلص من النفايات وا إدارتها، خطر الانصهارات، الأذى للبيئة والضرر على صحة الإنسان

المصدر توماس، ستيف، (2011). "اقتصاد الطاقة النووية: آخر المستجدات"، **مؤسسة هينرش بل الألمانية**، مكتب الشرق الأوسط العربي.

الجدول رقم 2 يوضح أنواع التكلفة للمفاعلات النووية، ويتضح أن 70% من التكاليف تتمثل في تكاليف إنشاء.

في مجال الاستثمارات الرأسمالية اللازمة لبناء المحطة النووية، لابد الأخذ بعين الاعتبار أن الأموال اللازمة عادة ما يتم اقتراضها من المؤسسات المالية بفائدة سنوية، وقد لا يسير بناء المحطة النووية وفق الجدول الزمني للإنشاء، ومن ثم تكون هناك تكلفة مالية إضافية لم تؤخذ سابقا بعين الاعتبار في مرحلة التخطيط.

خامسا: النتائج والتوصيات

توصل الباحث إلى عدد من النتائج والاستنتاجات ، كما يقدم الباحث عددا من التوصيات للتغلب على التحديات والمعوقات التي تواجه الاستخدام السلمي للطاقة النووية.

1- النتائج والاستنتاجات

توصل الباحث للنتائج التالية:

- تتعدد الاستخدامات السلمية للطاقة النووية مثل توليد الكهرباء، تحلية مياه البحر، دعم أنشطة البحث العلمي في الجامعات ومراكز البحث العلمي، المجال الطبي، معالجة مياه الصرف الصحي.

- هناك استخدامات سلمية صناعية متعددة للطاقة النووية مثل الاختبار الصناعي باستخدام التكنولوجيا النووية"، حفظ وصلاحية المواد الغذائية، صناعة الأسلاك والكوابل، التنقيب عن النفط، صناعة الدواء، ترميم الآثار.

- هناك إمكانيات كبيرة لاستخدام الطاقة النووية استخداما سلميا في مشروع الضبعة بجمهورية مصر العربية وخاصة في مجالات توليد الكهرباء وتحلية مياه البحر والاستخدامات السلمية الصناعية المختلفة مثل قيام صناعات جديدة و احداث تشابكات عديدة بين الصناعات الروابط الأمامية و الخلفية أو قوى الدفع الأمامي والخلفي بالإضافة إلى الأثر الإيجابي على التشغيل والناتج المحلي الاجمالي.

- هناك تحديات أو معوقات قد تواجه الاستخدام السلمي للطاقة النووية وفى مقدمتها التكلفة العالية لإنشاء وتشغيل المفاعلات النووية، وكذلك طول الفترة الزمنية للانشاء والتشغيل وكذلك التخلص الآمن من النفايات، إلا أن تلك التحديات لا تشكل خطرا على مشروع الضبعة النووي في مصر، حيث يتم تمويل المشروع بقرض ميسر من روسيا، ووفق مخطط زمني قريب الأجل وخطة شاملة لاحتواء وادارة المخاطر المحتملة.

2 – التوصيات:

يقدم الباحث عددا من التوصيات من أجل إمكانية الاستخدام السلمي للطاقة النووية وتفعيله والتغلب على معوقاته خاصة في مشروع الضبعة النووي بمصر كما يلي:

- التدرج فى استخدام الطاقة الذرية من خلال بناء مفاعات نووية مصغرة كتجربة أولى تتوفر فيها عناصر الأمن والسلامة وانخفاض التكلفة نسبياً مقارنة بالمفاعلات المتوسطة والكبيرة ومبدأ التدرج ينطبق على مشروع الضبعة النووي بمصر حيث من المخطط إقامة أربعة مفاعلات.

- يقترح الباحث في المراحل الأولى من استخدام الطاقة النووية أن تتولى الدولة التمويل والتشغيل والتنفيذ من خلال جزء من الموازنة العامة للدولة بالإضافة إلى المنح الدولية والمساعدات، ثم يأتى بعد ذلك في مراحل متقدمة دور القطاع الخاص كمشارك في التمويل والأرباح في ظل تشريعات واضحة، ومنظمة للعلاقات بين القطاع الخاص والدولة وفي ظل إشراف دائم من الدولة.

- ضرورة تدريب الكوادر الوطنية على آليات وطرق الاستخدامات السلمية للطاقة النووية.

- التوسع في إنشاء أقسام الطاقة النووية في كليات الهندسة والعلوم بالجامعات المصرية لضمان توفير الكوادر الوطنية المؤهلة.

- يمكن إشراك القطاع الخاص بالتمويل والتشغيل والتنفيذ في الاستخدامات السلمية الصناعية للطاقة النووية وعلى وجه التحديد مجالات التنقيب عن النفط ، حفظ المواد الغذائية، الصناعات الدوائية ومجالات الاختبار الآمن والجودة تحت رقابة الأجهزة الحكومية، وذلك لأن هذه النوعية تتوفر فيها فرص ربح عالية، وبالتالي يحرص القطاع الخاص على المشاركة فيها وفي نفس الوقت تحقق الدولة من خلالها بعض أهداف التنمية المستدامة فى ظل إشراف واضح من الدولة وفي ظل تشريعات منظمة وواضحة.

قائمة المراجع:

- الوكالة الدولية للطاقة المتجددة IRENA، (2018). "التحول في نظام الطاقة العالمي، خارطة طريق لعام 2050م"، الملخص التنفيذي، أبوظبي.

- مختاري، محمد الأمين، (2017). "الاستخدام السلمي للطاقة النووية وأثره في تحقيق الأمن البيئي"، رسالة ماجستير. كلية الحقوق والعلوم السياسية، *جامعة سعيدة، الجزائر*.

- المحجوب، عبد المجيد وآخرون، (2014). "مستقبل الطاقة النووية في الدول العربية"، مؤتمر الطاقة العربي العاشر الطاقة والتعاون العربي، *أبو ظبي، الإمارات*.

- عبيد، هاني، (2015). "إشكاليات الطاقة في الدول النامية الطاقة النووية هل هي البديل؟، مجلة جيوبوليتيكا"، الإصدار الثاني، **مركز البناء الجزائري للدراسات الاستراتيجية**.

- قوريدة أحمد وآخرون، "أبعاد الاستخدام السلمي للطاقة النووية وتأثيره على العلاقات الدولية"، مذكرة لنيل شهادة الماجستير، *جامعة زيان عاشور*، الجلفة، الجزائر.

- تيمور، السعيد خليل، (2010). "الطاقة النووية واستخداماتها السلمية"، **مجلة المقاولون العرب.**

- وزارة الكهرباء والطاقة وهيئة المحطات النووية لتوليد الكهرباء، (2019). "الطاقة من الذرة"، تقرير سنوي.

- موقع هيئة المحطات النووية لتوليد الكهرباء، (2020)، "الاستخدامات السلمية للإشعاع"، موقع أنترنت: https://nppa.gov.eg/nuclear-energy.

-الوكالة الدولية للطاقة الذرية، (2015). "استخدام الذرة في الصناعة: التكنولوجيا الإشعاعية تدعم التنمية"، **مجلة الوكالة الدولية للطاقة الذرية**، فيينا.

- جاويرث، نيكول، (2015). "التكنولوجيا الإشعاعية تساعد الصناعات في الصين على جعل المياه أنظف"، **مجلة الوكالة الدولية للطاقة الذرية**.

- آل خليفة، حمد بن محمد، (2014). "الاستراتيجية الوطنية للحماية من مخاطر الاستخدامات السلمية للطاقة النووية وتحقيق الأمن البيئي في مملكة البحرين"، الملتقى العلمي الاستخدام السلمي للطاقة النووية وأثره على الأمن البيئي"، كلية العلوم الاستراتيجية، **المنامة، البحرين.**

- يوكيا، أمانو، (2015). "استخدام الذرة في الصناعة: التكنولوجيا الإشعاعية تدعم التنمية، **مجلة الوكالة الدولية للطاقة الذرية.**

- لوتشيانا، فيغاس، "استخدام الذرة في الصناعة يمكن أن يترك علامة مميزة: المحفل العلمي للوكالة الدولية للطاقة الذرية"، **مجلة الوكالة الدولية للطاقة الذرية**، فيينا.

- بلونسكي، براين، (2015). "الأشعة السينية في خدمة الصناعة: الاختبار غير المتلف يساعد ماليزيا على القدرة على المنافسة"، **مجلة الوكالة الدولية للطاقة الذرية**، فيينا.

- التكريتي، صلاح الدين، (2018). "دور التكنولوجيا النووية في التنمية الصناعية في الدول العربية"، المجلد 30، العدد: 2.

- فتحى عبد الصبور، ممدوح، (2002). الطاقة النووية و انتاج الطاقة، **مجلة أسيوط للدراسات البيئية**، العدد الثانى والعشرون.

- رولفاغن، جو، (2015). "وضع خطط مفصلة: التكنولوجيا الاقتفائية والتنقيب عن النفط"، **مجلة الوكالة الدولية للطاقة الذرية.**

- ديكسيت، آبها، (2015). "العجوز الهش الضعيف: المكسيك وفرنسا تنقذان تمثالا عمره 2000 سنة باستخدام التقنيات النووية"، **مجلة الوكالة الدولية للطاقة الذرية**، فيينا.

- السعدني، سناء، (2018). "مشروع الضبعة النووى، الحلم المصرى يتحقق"، موقع أنترنت: https://sis.gov.eg/?lang=ar.

- Selim, Tarek H., (2009). "ON THE ECONOMIC FEASIBILITY OF NUCLEAR POWER GENERATION IN EGYPT", **The Egyptian Center for Economic Studies (ECES)** ,Working Paper No. 143 ,January 2009.

- اسماعيل محمد يوسف، آمال، (2012). "اقتصاديات الاستخدام السلمي للطاقة النووية.. استعراض تجارب دولية معاصرة"، رسالة دكتوراة، كلية الاقتصاد والعلوم السياسية، **جامعة القاهرة**.

- سامح، هشام وآخرون، (2013). "منشآت الطاقة النووية ... مستقبل العمران فى مصر (مدخل مقترح لتقييم موقع مشروع الضبعة في مصر)"، **مجلة جمعية المهندسين المصرية**.

- الدبور، عمر عبد العزيز موسى وآخرون، (2018). "الموازنة بين حق الدولة في الاستخدام السلمي للطاقة النووية والحق في بيئة سليمة (مفاعل الضبعة النووي نموذجا ومثالا)"، المؤتمر العلمي الخامس لكلية الحقوق " القانون والبيئة"، **جامعة طنطا.**

- أبو شادي، يسري، (2018). "خبر اء: مشروع محطة الضبعة النووية: ماهي آثاره على الاقتصاد المصري؟"، شركة روساتوم Rosatom ، القاهرة، 25 فبراير 2018م.

- سلمان، عبد العاطي، (2018). " خبراء: مشروع محطة الضبعة النووية: ماهي آثاره على الاقتصاد المصري؟"، شركة روساتوم Rosatom ،القاهرة، 25 فبراير 2018م.

- عبدالنبي، علي، (2018). " خبراء: مشروع محطة الضبعة النووية: ماهي آثاره على الاقتصاد المصري؟"، شركة روساتوم Rosatom ، القاهرة، 25 فبراير 2018م.

- القاضي، رضا، (2017). " مصر تواجه شح المياه بـ"الطاقة النووية"، **مجلة ساينتفك أمريكان.**

- أحمد، علي. "برامج الطاقة النووية السلمية في الشرق الأوسط"، **مركز الخليج للأبحاث.**

- توماس، ستيف، (2011). "اقتصاد الطاقة النووية: آخر المستجدات، مؤسسة هينرش بل الألمانية"، **مكتب الشرق الأوسط العربي.**

- هيئة المحطات النووية لتوليد الكهرباء بجمهورية مصر العربية NPPA، (2020). "الوقود النووي كمصدر لتوليد الطاقة"، موقع أنترنت: https://nppa.gov.eg.

- حسن أحمد، شريهان ممدوح، (2019). "دور الوكالة الدولية للطاقة الذرية في الاستخدامات السلمية للطاقة النووية"،**مجلة الدراسات الإفريقية وحوض النيل**، المركز الديمقراطيالعربي للدراسات الإستراتيجية والسياسية و الاقتصادية، المجلد الثاني، العدد الخامس.