دور الطاقة المتجددة فى الحد من تغير المناخ
لتوفير مستقبل أكثر أماناً " دراسة تحليلية "

The role of renewable energy in reducing climate change To provide a safer future "An analytical study"

بحث مقدم الى المؤتمر الدولى السنوى الثانى والعشرون

الجوانب القانونية والاقتصادية للتغيرات المناخية

Legal and Economic Aspects of Climate Change

١٩-٢٠ مارس ٢٠٢٣ م

إعداد

أ.د.م/ أحمد إبراهيم دهشان

استاذ مساعد الاقتصاد السياسى والتشريعات الاقتصادية

رئيس قسم الاقتصاد السياسى والتشريعات الاقتصادية كلية الحقوق جامعة الزقازيق سابقا

وكيل كلية الحقوق لشئون التعليم والطلاب جامعة بورسعيد

Prof. Dr. Ahmed Ibrahim Dahshan

Assistant Professor of Political Economy and Economic Legislation

دور الطاقة المتجددة فى الحد من تغير المناخ لتوفير مستقبل أكثر أماناً " دراسة تحليلية "

ملخص

مما لا شك فيه أن الطاقة تُعد المحرك الأول والرئيسى لكل عملية تنمية ، فإن كانت هى رفيقة حياة الإنسان فتعتبر العنصر الأساسى لكافة قطاعات الاقتصاد ، وبات قطاع الطاقة المتجددة له أهمية قصوى لصانعى السياسات ولم يقف عند حد التخفيف من تغير المناخ . فالطاقة المستدامة ميسورة التكلفة وموثوقة الإمداد أمر بالغ الأهمية للنشاط الاقتصادى والتنمية الإجتماعية والحد من الفقر من أجل تزويد جميع الأفراد بإمكانية الحصول على خدمات الطاقة الحديثة، وقد أحدثت الطفرة التكنولوجية فى مجال الطاقة المتجددة العديد من الإيجابيات وكان لها انعكاسات على طبيعة النشاط الاقتصادى وإعادة توزيع الأنشطة والخدمات ومواقع الصناعة وشبكات الطرق والمرافق ووسائل النقل؛ الأمر الذى اسهم فى تحقيق عدة إيجابيات على مستوى التنمية الاقتصادية ، وفى ظل التوسع فى استغلال الطاقة المتجددة ظهرت العديد من التحديات أمام الدول لتحقيق أقصى استفادة ممكنة من تلك المصادر

Abstract

Renewable energy technologies are considered clean sources of energy because of their much less environmental impact than conventional energy technologies. It is known that conventional electricity generation is the main cause of industrial air pollution in the world. Most of the electricity we use comes from coal, nuclear power and other non-renewable energy plants. The production of energy from these resources results in severe damage to the environment, which leads to pollution of air, land and water, and from this the world is facing a challenge represented by how to create a balance between environmental preservation and development together. That is why seminars and conferences have been held in order to take serious and effective steps in the search for alternative sources, not only in Egypt, but all countries of the world, that are on the one hand characterized by sustainability, and on the other hand, clean and non-polluting for the environment, which is what the renewable energies call for. They are sources that work to reduce the rates of use of fossil energy, and maintain it as a strategic reserve for future generations. This research paper clarifies the possibilities and importance of moving

towards relying on renewable energy instead of fossil energy, in light of the challenges of the present time despite its advantages in the present and future. As well as analyzing the current Egyptian situation in the field of renewable energy.

Keywords: renewable energy, sustainable development, global energy market

مقدمة

موضوع البحث:

مما لا شك فيه أن الطاقة تُعد المحرك الأول والرئيسي لكل عملية تنمية، فإن كانت هي رفيقة حياة الإنسان فتعتبر العنصر الأساسي لكافة قطاعات الاقتصاد، وبات قطاع الطاقة المتجددة له أهمية قصوى لصانعي السياسات ولم يقف عند حد التخفيف من تغير المناخ. فالطاقة المستدامة ميسورة التكلفة وموثوقة الإمداد أمر بالغ الأهمية للنشاط الاقتصادي والتنمية الاجتماعية والحد من الفقر من أجل تزويد جميع الأفراد بإمكانية الحصول على خدمات الطاقة الحديثة.

ولا يغيب عن أحد أن جلَّ الطاقة المستخدمة في العالم هي طاقة تقليدية وغير مستدامة، فضلاً عن أنها ملوثة للبيئة وتسبب انبعاثات ضارة، ولما كانت التنمية المستدامة تقوم في المقام الأول على حماية البيئة، وضمان الاستخدام الأمثل والتوزيع العادل للموارد بين الجيل الحالي والأجيال اللاحقة فإن مثل هذه الطاقة التقليدية لا تسمح بتحقيق تنمية مستدامة.

وأصبح هناك تحدى يواجه كافة دول العالم متمثل في تلبية أهداف المناخ مع ضمان أن يتم الوفاء بالوظائف الحيوية، الاقتصادية والاجتماعية الأخرى في نفس الوقت بشكل مستدام. مع اختلاف الظروف اختلافا جوهريا في جميع البلدان اعتمادا على مستويات التنمية والموارد الطبيعية وأولويات السياسات لكل منها.

ومما هو جدير بالذكر أن السباق الدولي[١] حول الحصول على مصادر الطاقة بصورة دائمة قد يُشكل تهديداً للأمن الدولي وخطراً عظيماً أضحى المناخ المحيط يعاني منه. وفى هذا السياق وعلى ضوء التغييرات الحاصلة على المستوى الدولي والوعي بضرورة التحول عن الطاقة التقليدية [٢] الناضبة برزت الطاقة المتجددة كهدف تسعى الدول إلى بلوغه سواء الدول المتقدمة أو النامية على حد سواء.

(١) (جاء تقرير أصدرته شركة (S market.H.I) لتصنيف الدول الأكثر جذباً للاستثمارات في قطاع الطاقة المتجددة ، حيث وضعت عدة معايير لهذا التصنيف مثل استعداد البنية التحتية ، وإطار السياسة التي تنتهجه الدولة في هذا القطاع ، بالإضافة إلى أساسيات السوق ومدى ملائمة المستثمرين ، بالإضافة إلى مخاطر الإيرادات وتوقعات العائد ، وسهولة المنافسة وحجم الفرصة لكل سوق وقد جاءت الولايات المتحدة الأمريكية في صدارة الدول الأكثر جذباً للاستثمار في قطاع الطاقة المتجددة ، وتأتي ألمانيا في المرتبة الثانية من حيث الجاذبية الاستثمارية، لتسبق الصين التي حلت في المركز الثالث، وإن كانت تعد بكين أكبر أسواق الطاقة المتجددة في العالم بقدرة ١٣٦ جيجاوات العام الماضي مع توليد ٧٢ جيجاوات من طاقة الرياح و٤٩ جيجاوات من الطاقة الشمسية في ٢٠٢٠. وقد جاءت فرنسا وإسبانيا في المراكز التالية تباعاً الرابع والخامس وذلك راجع إلى أساسيات السوق القوية المدعومة بمستهدفات طويلة الأجل للطاقة النظيفة. وباعتبار أن الهند سوق كبيرة وهدف للشركات العالمية وقد أعلنت شركة توتال الفرنسية في ٢٠٢٠ عن صفقة استحواذ في الهند بقيمة ٢,٥ مليار دولار في قطاع الطاقة المتجددة بينما جاءت كل من أستراليا واليابان في المرتبة السابعة والثامنة على التوالي، وحلت هولندا في المركز التاسع، لتسبق البرازيل التي تذيلت قائمة الدول العشرة الأكثر جذبا لاستثمارات الطاقة المتجددة.

(٢) وقد شهدت مصادر الطاقة التقليدية العديد من الانتقادات حول دورها المستقبلي في تلبية احتياجات الطاقة العالمية، ولما لها من تأثيرات سلبية على الأنظمة البيئية.

راجع كلاً من:

- محمد مصطفى الخياط، ماجد كرم الدين محمود: "الطاقة المتجددة.. الحاضر ومسارات المستقبل "، ورشة عمل عن أنواع الطاقة المتجددة برعاية مؤسسة هانس زايدل الألمانية، القاهرة ـ مصر، ٢٠٠٧.
- محمد مصطفى الخياط: " الطاقة البديلة وتأمين الطاقة "، مداخلة نشرت في مؤتمر البترول والطاقة.. هموم عالم واهتمامات أمة ". جامعة المنصورة، كلية الحقوق ٢-٣ أبريل ٢٠٠٨ ص :٥.

فالانتقال من استخدام الطاقة التقليدية الناضبة إلى استخدام الطاقة النظيفة والتي تتمثل أساسا في الطاقة المتجددة الدائمة هو مفهوم بدأ يظهر منذ زمن وأنتشر ليكون أساسا لتطور البلدان وازدهارها، فالطاقة هي أحد المقومات الرئيسية للمجتمعات المتحضرة وتحتاج إليها كافة قطاعات المجتمع في الحياة اليومية ومصدر لتحقيق التنمية وكل ذلك من أجل تأمين حياة أفضل.

وقد ظهر في الآونة الأخيرة اهتماما كبير من قبل الدول والمنظمات الدولية بالطاقة المتجددة باعتبارها مصدراً مستقبلاً للطاقة، وخاصة الدول الصناعية الكبرى تسعى لاستبدال الطاقة التقليدية المستخدمة من قبلهم بالطاقة المتجددة وكان الدافع البيئي(١) هو الدافع الرئيسي الأول للاهتمام بهذا الموضوع.

وهناك العديد من العوامل التي تحفز الإقبال السريع على الطاقة المتجددة أهمها تعظيم عائدات الاستثمار وخلق القيمة الاقتصادية المحلية للوظائف وزيادة الوصول إلى الطاقة المستدامة والموثوقة كبديل للطاقة التقليدية، ولا يخفى على أحد التخفيف من تغير المناخ وتعزيز أمن الطاقة.

أهمية الدراسة:

تتمثل أهمية الدراسة في تقديم رؤية حديثة حول الحد من استخدام الطاقة التقليدية وانبعاثاتها الضارة وإبراز دور الطاقة المتجددة وأهميتها في تحقيق التنمية المستدامة

(١) الطاقة الأحفورية ينتج عنها الكثير من الأثار السلبية الضارة بالبيئة، وكانت من أهم التأثيرات السلبية ظاهرة الاحتباس الحراري، وعلى النقيض فنجد أن الطاقة المتجددة لها أثر إيجابي في حماية البيئة نتيجة لما تحققه من خفض انبعاث تلك الغازات الضارة مثل غاز ثاني أكسيد الكربون، ومنع التلوث البيئي.

أهدف الدراسة:

تهدف الدراسة إلى تبيان أثر الطاقة المتجددة باعتبارها مصدر للطاقة النظيفة في الحد من التغييرات المناخية وتحقيق التنمية المستدامة

منهج الدراسة:

سيتبع الباحث المنهج الوصفي التحليلي للتعرف على مفهوم الطاقة المتجددة وتحليل الآثار التي ترتبت على استغلالها وأثرها في آمن واستدامة الطاقة

إشكالية الدراسة:

وهى كيف للطاقة المتجددة أن تحل محل الطاقة التقليدية وتحد من الأثار الضارة لمصادر الطاقة التقليدية؟

ويترتب على الإشكالية الرئيسية مجموعة من الإشكاليات الفرعية المتمثلة فى :

- **هل يمكن للطاقة المتجددة أن تكون مصدراً يُعتمد عليه لتأمين الطاقة في المستقبل القريب؟**
- **ما الدور الاقتصادي الذي يمكن أن تلعبه الطاقة المتجددة كمصدر بديل للطاقة التقليدية ؟**

تقسيم الدراسة:

الفصل الأول: ماهية الطاقة المتجددة وأهميتها ومزاياها.

الفصل الثاني: تكلفة وتكنولوجيا الطاقة المتجددة والتحديات التى تواجه تطبيقها.

الفصل الأول

ماهية الطاقة المتجددة وأهميتها ومزاياها

تمهيد وتقسيم:

تعتبر الطاقة المحرك الأساسي للاقتصاد العالمي، وذلك منذ الظهور الأول للنشاطات الزراعية والصناعية والخدمية حيث تطورت مصادر الطاقة مع تطور وسائل العمل التي ابتكرها الإنسان لسد احتياجاته المختلفة "فكما يقال إن الحاجة أم الاختراع (١)" فقديما اعتمد الإنسان في العصور البدائية على قوته العضلية لإنجاز مهامه، ثم قام بترويض الحيوانات واستخدمها في بعض شئونه، وقد استغل حركة الهواء والرياح في إدارة بعض طواحين الهواء وتحريك السفن.

وقد عرف الإنسان الفحم في مرحلة متقدمة من حياته واستخدمه كمصدر للطاقة، وترتب على ذلك اكتشافات عديدة وكثيرة، ومع التطور الكبير والتقنيات والتكنولوجيا أصبحت مصادر الطاقة في العالم عديدة ومتنوعة منها التقليدية (الناضبة) وأخرى متجددة أو دائمة وهي محور هذا البحث.

ويقسم هذا المبحث إلى الاتي المطلب الأول: مفهوم الطاقة المتجددة.

المطلب الثاني: خصائص الطاقة المتجددة.

المطلب الثالث: أهمية الطاقة المتجددة.

---

(١) مثل ذو أصل إنجليزي (Necessity is the mother of invention) ويعنى أن القوة الدافعة الرئيسية لمعظم الاختراعات الجديدة هي حاجة الإنسان وهذا يدفعه للتفكير والابتكار لسد حاجاته المختلفة.

المطلب الأول

مفهوم الطاقة المتجددة

- **تعريف الطاقة المتجددة**

تُعرف الطاقة المتجددة بأنها الطاقة الناتجة عن مسارات الطبيعة التلقائية كأشعة الشمس والرياح والتي تتجدد في الطبيعة بوتيرة اعلى من وتيرة استهلاكها(١)، فمخزونها ليس ثابت ولا محدود في الطبيعة، وتتجدد بصفة دورية أسرع من وتيرة استهلاكها وتظهر في الأشكال الخمسة التالية: الكتلة الحيوية، أشعة الشمس، الرياح، الطاقة الكهرومائية وطاقة باطن الأرض(٢).

فالطاقة المتجددة على عكس الطاقة التقليدية - الموجودة في محزون جامد ومحدد في باطن الأرض لا يمكن الإفادة منها إلا بعد تدخل الإنسان لإخراجها – فالطاقة المتجددة تتشكل من العديد من المصادر الطبيعية النظيفة غير الناضبة والتي لا تحدث أي آثار سلبية ملوثة للبيئة، وتُعد موارد الطاقة المتجددة مصدراً دائم وآمن وموثوق به للطاقة لكافة دول العالم (٣).

---

(1) https://www.iea.org/countries

(2) https://uneb.ac.ug/

(3) Methodology For Allocation Municipal Solid Waste to Biogenic/ Non-Biogenic Energy, us Energy, Us Energy information administration site, available on this link
http://www.eia.gov/cneaf/solar.renewables/page/nswaste/mswreprot.html

وتُعد الطاقة المتجددة مرحلة مهمة من مراحل التطورات الحادثة في كافة دول العالم، فهي مصدراً محتملاً للوظائف والتنمية الاقتصادية المستدامة، فمع توافرها في معظم دول العالم؛ واعتبارها مصدراً محلياً يتلاءم مع واقع تنمية المناطق النائية والريفية واحتياجاتها، وتستعمل تقنيات غير معقدة ويمكن تصنيعها محلياً في الدول النامية، وهي ذات عائد اقتصادي كبير ونظيفة غير ملوثة للبيئة.

وقد كان الاقتصاد العالمي في عشرينيات القرن الماضي معتمداً اعتمادا كلياً ورئيسياً على الفحم كمصدر أول ورئيسي للطاقة، وقد جاءت التطورات والظروف الاقتصادية لتفرض نفسها وتجعل دول العالم تنتقل إلى النفط وهذا الانتقال انتقال طوعي منطقه التكلفة الاقتصادية، وأن كان ما يحدث الأيام يتشابه في بعض جزئياته مع ما حدث سابقاً، ولكن هناك مفارقات كبيرة ممثلة في أن الانتقال إلى مصادر الطاقة المتجددة أصبح ضرورة حتمية يفرضها منطق نفاذ النفط، والعمل على استدامة الطاقة واستدامة الحياة.

المطلب الثاني

خصائص ومزايا الطاقة المتجددة

جاءت معظم الدراسات[1] واتفقت على أن الطاقة المتجددة هي طاقة المستقبل، وذلك يرجع للخصائص والمزايا التي تتمتع بها مصادر الطاقة المتجددة والتي سنعرض لكل منهما في فرع مستقل:

الفرع الأول

خصائص الطاقة المتجددة

تتمتع مصادر الطاقة المتجددة بمجموعة من الخصائص تميزها عن غيرها من مصادر الطاقة الأحفورية، حيث إنها تتمتع بالوفرة مع الاستدامة فهي غير محصورة ولا محدودة مع تجددها المستمر، بالإضافة إلى أنها صديقة للبيئة فلا تسبب أي أضرار للبيئة مثل الطاقة الأحفورية، ولا تتأثر أسعارها بالتقلبات في أسعار الطاقة الأحفورية،

(١) راجع كلاً من:

- محمد ساحل، محمد طالبي: مقال مقدم ضمن مجلة الباحث بعنوان: " أهمية الطاقة المتجددة في حماية البيئة من أجل التنمية المستدامة – عرض تجربة المانيا – "، مجلة محكمة علمية تصدر عن جامعة قاصدي مرياح بورقلة، العدد ٦، ٢٠٠٨، ص ٢٠٤.
- هاني عبيد: " الإنسان والبيئة: منظومات الطاقة والبيئة والسكان "، دار الشروق، عمان، سنة ٢٠٠٠، ص ٢٠٥.

مع انخفاض تكلفة استغلالها مع تزايد الاستخدام[1] ، وسهولة التكامل واعتمادها على تكنولوجيا معقدة؛ وهذا ما سنقوم بعرضه في النقاط التالية:

- **الاستدامة:**

ينظر إلى مفهوم الاستدامة كمطلب للتوازن بين الإنسان والطبيعة، فالاستدامة هي مصالحة بين الطلب المتزايد على الموارد الطبيعية من جانب واحتياجات ومتطلبات البشرية من جانب أخر.

وتحقيق الاستدامة ليس بالأمر البسيط فيتطلب ذلك تكاتف دولي من كافة دول العالم لدعم مصادر الطاقة المتجددة مثل طاقة الرياح والطاقة الشمسية، مع توجيه إمكانيات البحث العلمي لتطوير التكنولوجيا الحديثة لخلايا الطاقة الشمسية والهيدروجين الأخضر .... الخ؛ ومما هو جدير بالذكر أنه بمجرد أن تلقى هذه التكنولوجيا رواجاً في السوق العالمي فستكون كعجلة الإنتاج تسير تلقائياً بدوافع الطلب الاقتصادي.

وتلعب مصادر الطاقة المتجددة دوراً جوهرياً في توفير الاستدامة من خلال قيامها بتلبية الطلب على الطاقة وبالتالي فإنها تخفف الطلب على مصادر الطاقة التقليدية (الفحم ، البترول ، الغاز) وهو ما يعنى إطالة فترات استخدام هذه المصادر لفترات أطول شريطة توفير استخدامات آمنة بيئياً لمثل هذه المصادر مثل تكنولوجيا الوقود النظيف، بالإضافة إلى تخفيف العبء البيئي على كوكب الأرض نتيجة لتقليل

(1) Harkema, H., Leloux, M. (2015). Exploration into the barriers and obstacles constraining diffusion and adoption of renewable energy solutions. International Journal of Economic Practices and Theories, 5(5).

الاعتماد على المصادر التقليدية[1]، هذا إلى جانب تأمين مصادر الطاقة وديمومتها فمصادر الطاقة المتجددة متوافرة في مناطق مختلفة من العالم ويمكن الاستفادة منها في نفس مناطق إنتاجها مما يترتب عليه الحد من تكلفة نقلها.

فتعتبر الطاقة المتجددة مصدراً دائما للطاقة ويمكن للأجيال الحالية استغلالها دون الخوف من نفاذها أو عدم كفايتها للأجيال القادمة.

- **الاقتصاد في التكلفة:**

استخدام مصادر الطاقة المتجددة يتطلب استعمال العديد من الأجهزة ذات المساحات والأحجام الكبيرة، والواقع أن هذا هو أحد أسباب ارتفاع التكلفة الأولية لأجهزة الطاقة المتجددة وهو ما يشكل في نفس الوقت أحد العوائق أمام انتشارها السريع[2]، ومع ذلك فإن كلفة الطاقة المتجددة إلى تقلص منذ عدة سنوات سابقة ويمكن إرجاع سبب تقلص تكاليف الطاقة المتجددة إلى تحسن تكنولوجيا إنتاج الطاقة المتجددة، مع استمرار هذا التقلص بنضوج هذا القطاع.

تعتبر أغلب مصادر الطاقة المتجددة مجانية بعد تكاليف الإنشاء حيث تبقى مصاريف الصيانة فقط على عكس الطاقة الأحفورية التي تتطلب مصاريف كبيرة للاستخراج، مع انخفاض تكلفة الاستغلال مع تزايد استخدام هذه الطاقة وهناك علاقة

(1) Arnold, U. (2015). Economic risk analysis of decentralized renewable energy infrastructures: A Monte Carlo simulation approach. Renew. Energy, 77, 227– 239.

(2) Izadbakhsh, M., Gandomkar, M., Rezvani, A., Ahmadi, A. (2015). Short-term resource scheduling of a renewable energy based micro grid. Renew. Energy, 75(March), 598–606.

عكسية بين التكلفة وتطور التكنولوجيا فكلما تطورت التكنولوجيا وتقدمت قلت التكلفة[١].

والاعتماد على الطاقة المتجددة سوف يوفر لخزينة الدولة مئات الملايين؛ حيث تتحمل الدولة في البداية تكاليف الإنشاء والتشغيل. ولكن فيما بعد ستكون الصيانة وتغيير المعدات بعد فترات طويلة من التركيب، وذلك بسبب طبيعة طول العمر الافتراضي للمواد المستخدمة.

نظراً لمحدودية إنتاج مصر من الوقود الاحفوري الذى يعد حجر الزاوية في إنتاج الكهرباء في الوقت الحالي[٢] خاصة في ظل تنامي الطلب على الكهرباء الأمر الذى تتطلب معه البحث عن مصادر طاقة أقل كلفة من مصادر الطاقة التقليدية و يعتبر انخفاض تكلفة الطاقات المتجددة أحد الحوافز التي تدفع معظم دول العالم نحو استخدام الطاقات المتجددة وإحلالها محل مصادر الطاقات التقليدية، حيث شهدت خلال السنوات الأولى ارتفاعاً ثم ما لبثت في الانخفاض[٣]، ويمكن إسناد سبب انخفاض التكاليف إلى تحسن تكنولوجيات إنتاجها ووفورات الحجم والتي ستظل عقوداً أخرى من الزمن حتى تصل إلى مرحلة نضوجها وتتضح مما سبق أن دخول مصر عصر الطاقة المتجددة له

(١) مدحت أبو النصر، التنمية المستدامة، المجموعة العربية للتدريب والنشر، القاهرة، ٢٠١٧، ص ٨١.

(٢) إبراهيم عبدالله عبدالرؤف، الطاقة المتجددة والتنمية المستدامة:دراسة تحليلية وتطبيقية على الطاقة الشمسية فى مصر، العدد ٥٤، مجلة البحوث القانونية والاقتصادية، كلية الحقوق، جامعة المنصورة،٢٠١٣، ص ٨٢ وما بعدها.

(٣) سعيد أحمد عبده: مستقبل الطاقة المتجددة في مصر، مجلة المجمع العلمي المصري، المجلد السابع والثمانون.

مبرراته المتعددة ويأتي كوضع ضروري وحتمي لابد منه لتنويع مصادر الطاقة في ظل التطورات الإقليمية والعالمية الجديدة التي يمر بها العالم الآن[١].

- **الاعتماد على تكنولوجيا معقدة:**

تعتمد معظم مصادر الطاقة المتجددة على تكنولوجيات وتقنيات عالية لا تتوافر لمعظم الدول النامية، فعلى سبيل المثال تكنولوجيا النانو، فهذه التقنية احتلت الصدارة عند دخولها نطاق الطاقة من حيث الكفاءة والأداء[٢]، فقد ساعدت هذه التكنولوجيا على تحديث الأجهزة المستخدمة لتحويل الطاقة المتولدة من مصادر الطاقة المتجددة بكفاءة أكبر لما تتصف به المواد النانونية من القدرة على تغير إنتاج تلك الطاقات.

وتعتبر الطاقة الهيدروجينية من أحد أهم نواتج التطور التكنولوجي المتسارع وهي أحد أهم مصادر الطاقة التي ستعيد صياغة شكل الحضارة الإنسانية على وجه كوكب الأرض من توليد الطاقة من الهيدروجين الذي سيصبح الوقود الأبدي الذي لا ينفذ عبر العصور، وهو عنصر لا ينتج عن احتراقه أي انبعاثات ضارة بالبيئة.

وغدت التكنولوجيا اليوم سلعة هامة في سوق التبادل التجاري الدولي[٣] ، وتعتبر الأخطر لأنها باتت أداة من أدوات السيطرة على سوق الطاقة الدولي، مع

(١) وليد بيبي، د. فريدة كافي: الاستثمار في مصادر الطاقات المتجددة كبديل حتمي لتحقيق أبعاد التنمية المستدامة– دراسة تحليلية مركز جامعة ميلا، الجزائر ومركز جامعة البيض/الجزائر ، ٢٠١٧، ص٣٦٣.

(٢) تقرير الوكالة الدولية للطاقة المتجددة: "آفاق الطاقة المتجددة في مصر – الملخص التنفيذي"، استنادا REmap، أكتوبر٢٠١٨، ص ٤٨.

(٣) معهد التخطيط القومى، "الطاقة المتجددة بين نتائج وابتكارات البحث العلمي والتطبيق الميداني في الريف المصري"، سلسلة قضايا التخطيط والتنمية رقم)٢٦٤،) القاهرة، أبريل ٢٠١٦، ص ٥٧.

احتكارها من قبل الدول المتقدمة لملكيتها لها عن طريق براءة الاختراع ولديها الإمكانيات العلمية لتطويرها وهو ما لا يتوافر للدول النامية، مما جعل الأخيرة تلهث دائماً وراء الدول الصناعية الكبرى من اجل الحصول عليها بأعلى الأسعار أملاً في الانتقال من دائرة التخلف إلى دائرة التقدم والعيش الكريم.

- **الضعف النسبي للكفاءة التحويلية:**

مازالت التكنولوجيا الحالية لمصادر الطاقة المتجددة في مراحل تكوينها الأولى لم تصل لمرحلة النضج بعد، فهي تتصف بالضعف في الكفاءة التحويلية فعلى سبيل المثال في الطاقة الشمسية لا تتعدى كفاءة تحويل الألواح الشمسية للطاقة الكهربائية ٢٨%على أقصى تقدير(١).

والكفاءة التحويلية عبارة عن نسبة الطاقة الواصلة مع أشعة الشمس التي يستطيع الفعل الكهروضوئي تحويلها إلى طاقة كهربائية، ويتم حساب الكفاءة بتقسيم الطاقة الكهربائية الناتجة عن التحويل على طاقة الضوء المسلط على الخلية(٢).

---

(1) El-katiri, L. (2014). A roadmap for renewable energy in the Middle East and North Africa , p 24.

(٢) ويقوم الفوتون الواصل إلى طبقة الامتصاص بتحفيز حاملات الشحنات السالبة والموجبة، اللوحات الشمسية ذات الكفاءة العالية تتطلب طاقة أقل من الضوء لكي يتحرر إلكترون سالب وثقب موجب ويستطيع الإلكترون العبور عبر المنطقة العازلة إلى الرقاقة السالبة، وبالتالي إذا سلطنا نفس كمية الضوء على لوحتين كهروضوئيتين بكفاءتين مختلفتين، واحدة بكفاءة٢٠% والأخرى ١٥% فإن المتر المربع من لوحة ٢٠% يستطيع تحرير الكترونات أكثر وبالتالى توليد طاقة كهربائية أكبر من متر مربع من اللوحة الأخرى بكفاءة ١٥%

أنظر:

- https://solarabic.com/learn/2018/12/solar-pv-efficiency/

كفاءة تحويل الخلية = الطاقة الكهربائية الناتجة عن التحويل / طاقة الضوء المسلط على الخلية[1].

- سهولة التكامل:

يمكن إدخال أغلب مصادر الطاقة المتجددة بسهولة إلى نظام الطاقة مما يخفض في تكاليفها الاستثمارية [2]، وقد شهدت مصادر الطاقة المتجددة نموًا دولياً بفضل تطور قدرات الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، فبين عامي ٢٠٠٩ و٢٠١٨، زادت القدرة الفعلية القائمة للطاقة المتجددة في العالم بمقدار ١٠٠ جيجاوات سنويًا لتصل في عام ٢٠١٨ إلى ١١٧٩ جيجاوات. وعن تقرير صادر عن الوكالة الدولية للطاقة المتجددة إنه تمت إضافة قدرات قياسية تبلغ ٢٦٠ جيجاوات من الطاقة المتجددة الجديدة في جميع دول العالم في عام ٢٠٢٠، بزيادة ٥٠% عن العام السابق بعد أن قللت الدول المختلفة من اعتمادها على الوقود الأحفوري في توليد الكهرباء. وإن أكثر من ٨٠% من كافة قدرات الكهرباء الجديدة المضافة لعام ٢٠٢١ كانت متجددة، إذ شكلت الطاقة الشمسية وطاقة الرياح ٩١% من مصادر الطاقة المتجددة الجديدة.

الفرع الثاني

مزايا استخدام الطاقة المتجددة

سارت مصادر الطاقة المتجددة أحد أهم الفرص البديلة أمام أي دولة لتحقيقها مجموعة من الأهداف التنموية المتمثلة في بناء اقتصاد وطني متنوع غير محفوف

(1) https://solarabic.com/learn/2018/12/solar-pv-efficiency/

(2) Zhang, H., Li, L., Zhou, D., Zhou, P. (2014). Political connections, government subsidies and firm financial performance: Evidence from renewable energy manufacturing. Renew. Energy, 63, 330–336.

بمخاطر الاقتصاد الريعى، وتقليص تبعية الاقتصاد للوقود الأحفوري بأشكاله المختلفة، مع الحد من الآثار السلبية لهذا الأخير مما ينتج عنه في النهاية تحقيقه لأهداف التنمية المستدامة(١).

وهناك العديد من الفوائد والمزايا التي تنتج من استخدام الطاقة المتجددة نذكر منها:ـ

أولاً: تحسين البيئة:

ظهور مفهوم التنمية المستدامة نتاج العلاقة الوثيقة بين البيئة والتنمية(٢) ، فمن أهم أركان التنمية المستدامة حماية البيئة لأجل تحقيق مستهدفات التنمية، ومما لا شك فيه أن مصادر الطاقة المتجددة أحد اهم أدوات ووسائل حماية البيئة، مما دفع العديد من الدول إلى تطوير مصادر الطاقة المتجددة بما لديها من اقتناع بأهمية معالجة المشاكل البيئية، بالأخص في مجال حماية البيئة من مخاطر التلوث الناتج عن مزاولة القطاعات الإنتاجية المختلفة للأنشطة التي ينتج عنها آثار سلبية ضارة على كافة مكونات البيئة(٣).

وجاء المؤتمر الدولي عام ١٩٧٢ المنعقد في ستوكهولم وهو يعتبر مؤتمر البيئة الأول تحت شعار " أرض واحدة " ليبين التبعية المشتركة لكافة دول العالم دون استثناء إزاء حماية وسلامة الغلاف الجوي، حيث أوضح المؤتمر أن هناك ما يسمى

(١) معهد التخطيط القومي، "تقرير حالة التنمية في مصر ٢٠١٨،"القاهرة، أبريل ٢٠١٩، ص ٥٦.

(2)Bozkurtand M, Cuma Destek. Akif, (2015) Renewable Energy and Sustainable Development Nexus in Selected OECD Countries. International Journal of Energy Economics and Policy, .econjournals.

(٣) معهد التخطيط القومى، " إطار لرؤية مستقبلية لستخدام مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة في مصر"، سلسلة قضايا التخطيط والتنمية رقم)٢٦١،) القاهرة، أغسطس ٢٠١٥، ص ٢٣.

بالتلوث الدولي وذلك من خلال التلوث الشامل والعابر للحدود الدولية، وأن هذا النمط من أنماط التلوث بات له آثار اقتصادية وخيمة تتمثل في حالة التغير المناخي والضرر بالغلاف الجوي للأرض وطبقة الأوزون.

ثانياً: متنوعة المصادر ومتوفرة المخزون:

عند الحديث عن الطاقة المتجددة من الخطأ الحديث عن الطاقة الشمسية وطاقة الرياح وفقط؛ فالحقيقة هناك الكثير والكثير من الخيارات الأخرى التي تستحق البحث والاستكشاف[١] ، فبدءا من الطاقة الكهرومائية مروراً بطاقة الكتلة الحرارية والطاقة الحرارية الأرضية لا يقل في أهميتهما عن الطاقة الشمسية أو طاقة الرياح، ويمثل تنويع مصادر الطاقة ضرورة قصوى لكافة دول العالم حيث إن هذه الخصيصة تمثل الأمن الطاقوى[٢].

متوفرة المخزون أي أنها متوفرة بشكل كبير لدى كافة دول العالم، فبسبب تنوع مصادرها المختلفة فتتمتع معظم دول العالم بإمكانيات استغلالها، فإذا لم تتوافر لدولة ما الطاقة الشمسية وهذا صعب فهناك طاقة الرياح وأن غابت الثانية فهناك الطاقة الحيوية وغيرهما من الأنواع المختلفة للطاقة المتجددة. بالإضافة إلى أن الطاقة المتجددة هي الطاقة المستدامة غير التقليدية حيث يتم الحصول عليها من الطبيعة بمواردها

(1) Dulal, H.B., Shah, K.U., Sapkota, C., Uma, G., Kandel, B.R. (2013). Renewable energy diffusion in Asia: Can it happen without government support. Energy Policy, 59(April), 301

(2) Weitemeyer, S., Kleinhans, D., Vogt, T., Agert, C. (2016). Integration of renewable energy sources in future power systems: The role of storage. Renew. Energy, 75, 14–20.

المتجددة، فهي طاقة لا تنفذ ولا تنضب مع استخدام الإنسان لها، وتختلف بذلك عن مصادر الطاقة التقليدية المهددة بالانقراض من البترول والفحم والغاز الطبيعي.

ثالثا: رفع مستوى المعيشة:

تتوافر مصادر الطاقة المتجددة في العديد من المناطق النائية والريفية ، والتي ينتج عنها بالتبيعة عند استغلالها في تحسين مستوى المعيشة للأفراد مع خلق العديد من فرص العمل لهم سواء فرص عمل مباشرة أو غير مباشرة مع توفير احتياجات تلك المناطق من الطاقة بالتكلفة المناسبة وتكون بمثابة نواة التنمية لتلك المناطق، وتساهم مصادر الطاقة المتجددة بأنواعها المختلفة في القضاء على مشاكل امداد المناطق النائية بالطاقة الكهربائية وفك العزلة عنها(1)، وبالتالي تكون حجر الزاوية لتنمية تلك المناطق ورفع مستوى المعيشة لسكانها؛ وهذا يدفعنا للحديث عن العائد الاقتصادي للطاقة المتجددة.

رابعاً: العائد الاقتصادي لمصادر الطاقة المتجددة:

النظام الاقتصادي المستدام هو النظام الذي يسمح بإنتاج السلع والخدمات لإشباع الحاجات الإنسانية وتحقيق الرفاهية بشكل مستمر دون أن يؤدي ذلك الى الإضرار بالبيئة ويقتضي هذا البعد رفاهية المجتمع الى أقصى حد ممكن، والقضاء على الفقر من ٤٥ الطبيعية غير ان الملاحظ اليوم هو التفاوت الكبير في ٤٦ خلال استغلال أمثل للموارد الطبيعية المتاحة .حصة الاستهلاك الفردي من الموارد الطبيعية ما بين الدول المتقدمة والنامية، حيث نجد الدول الصناعية تستغل الموارد الطبيعية إضعاف ما

(1) Ohunakin, O.S., Adaramola, M.S., Oyewola, O.M., Fagbenle, R.O. (2014). Solar energy applications and development in Nigeria: Drivers and barriers. Renew. Sustain. Energy Rev, 32, 294

تستغل الدول النامية فهذه الأخيرة تستغل الموارد 47الطبيعية من أجل رفع المستوى المعيشي للسكان[1].

خامساً: خلق فرص عمل إضافية.

قامت جمهورية مصر العربية بتنفيذ العديد من مشروعات الطاقة المتجددة – الطاقة الشمسية، طاقة الرياح - ومن المتوقع أن تخلق هذه المشروعات العديد من فرص العمل، فعلى سبيل المثال مجمع بنبان " للطاقة الشمسية " عند افتتاحه في أوائل عام ٢٠١٩ كان لديه ٦٥٠ عاملاً؛ وعند الانتهاء من المشروع في نهاية ٢٠٢١ قد وفر نحو ١١٧٢٠ فرصة عمل مباشرة، و٢٣٤٤٠ فرصة عمل غير مباشرة، إضافة إلى ٦٠٠٠ فرصة عمل بعد التشغيل[2] .

تحقيق السلام العالمي:

من قديم الأزل والعالم يموج بصراعات شتى مختلفة الايدلوجيات والعقائد والأماكن، قد يكون المشترك بين هذه الصراعات المختلفة هو الهدف المادي أو السعي من أجل السيطرة على الموارد، وهذا الهدف قديم قدم الحضارات المختلفة، وتأتى الطاقة المتجددة لتخفف من وطأة هذه الصراعات نتيجة لفقد الوقود الأحفوري بعضاً من قيمته.

وفى النهاية وبناء على ما سبق ذكره، فإن الطاقة المتجددة تحدث أثراً إيجابياً مضاعفاً في المجتمع من خلال الدفع لتحقيق مختلف الأهداف الاقتصادية والاجتماعية

(1) Raza, W., Saula, H., Islam, S.U., Ayub, M., Saleem, M., Raza, N. (2015). Renewable energy resources: Current status and barriers in their adaptation for Pakistan. J. Bioprocess. Chem. Eng, 3(3), 1–9.

(2) http://www.moee.gov.eg/test_new/job.aspx

والبيئية في آن واحد، ولا يتحقق الفهم الأمثل لتكاليفها إلا من خلال استراتيجية شاملة ومتكاملة تسعى لتعزيز الازدهار الاقتصادي ورفاهية المجتمع والبيئة الصحية بعيداً عن السياسات التقليدية المنعزلة.

المطلب الثالث

أهمية الطاقة المتجددة

تكمن أهمية استغلال الطاقة المتجددة لتعزيز تحقيق التنمية المستدامة من جوانب متعددة بيئية واقتصادية واجتماعية ..... الخ؛ والتي سنعرض لها هنا في نقاط مستقلة:

- الجانب البيئي:

البيئة تعنى الوسط الذي يعيش فيه الكائن الحي، فتعبر عن مجموع الظروف والعوامل التي تساعد الكائن الحي على بقائه ودوام حياته، وقد قسم العلماء البيئة إلى بيئة حيوية وهي كل ما يختص بحياة الإنسان نفسه من تكاثر ووراثة وتشمل علاقة الإنسان بالكائنات الحية الحيوانية والنباتية التي تعيش في صعيد واحد؛ أما النوع الأخر وهي البيئة الطبيعية وتشمل موارد المياه وتربة الأرض والجو وغير ذلك من الخصائص الطبيعية للوسط.

ومما هو لا شك فيه أن البيئة تعتبر متغيراً اساسياً من متغيرات التنمية المستدامة ، حيث أنها تحوى كافة الموارد الاقتصادية ، ونظراً لما يحدثه التلوث الناتج عن استغلال مصادر الطاقة التقليدية – الطاقة الأحفورية – من انعكاسات سلبية على

المناخ من ناحية[١] ، ولكن مصادر الطاقة الأحفورية غير متجددة وتحدث آثار سلبية على البيئة ؛ وهذا ما يحتم الاستغلال العقلاني لمصادر الطاقة الأحفورية وفق قواعد تحافظ على الاستدامة البيئية ، حيث أنه من اهم الآثار السلبية الناتجة عن استخدام الطاقة الأحفورية هو ما يعرف بظاهرة الاحتباس الحرارى التي ارتبطت بظاهرة ارتفاع درجة حرارة الأرض نتيجة لزيادة تركيز بعض الغازات في الغلاف الجوي وأهمها غاز ثاني أكسيد الكربون[٢].

وتمثل مصادر الطاقة المتجددة الملاذ الأمن للبيئة حيث إن آثرها في حماية البيئة معروف وذلك نتيجة لما تحققه من خفض انبعاثات لغاز ثاني أكسيد الكربون وغيره من الغازات الضارة بالبيئة، وتتميز الطاقة المتجددة بالعديد من المميزات من أهمها أنها طاقة نظيفة والتي يتم التعبير عنها بأنها الطاقة الصديقة للبيئة أو الطاقة الخضراء.

- **الجانب الاقتصادي:**

مصادر الطاقة المتجددة لها أهمية اقتصادية عظيمة في خلق قيمة مضافة للاقتصاد القومي، مع تنويع مصادر الدخل القومي، حيث إنها من البدائل للطاقة التقليدية الناضبة، فهي مصدر دائم غير ناضب وتوجه الأنشطة الاقتصادية باتجاه الطاقة المستدامة، وتعمل مصادر الطاقة المتجددة في خلق وظائف جديدة سواء

(1) Dulal, H.B., Shah, K.U., Sapkota, C., Uma, G., Kandel, B.R.(2013). Renewable energy diffusion in Asia: Can it happen without government support. Energy Policy, 59(April), 301–311.

(2) IRENA (2020), Renewable power generation costs in 2019, p 24. https://www.irena.org/publications/2020/Jun/Renewable-Power-Costs-in-2019.

تكنولوجية أو تشغيلية، بالإضافة إلى رفع المستوى المعيشي للسكان في المناطق النائية.

ولقد أثبتت الأزمات المختلفة وكان أخرها ازمة كورونا أنه يمكن التعويل على الطاقة المتجددة حيث إنها ميسورة التكلفة وتتسم بالمرونة، وكشفت جائحة كورونا عن قيمتها الحقيقية في صدارة التحول في استخدام مصادر الطاقة، ويجب تعزيز الجهود وعلى رأسها الدفقات المالية العامة الدولية على مصادر الطاقة المتجددة من أجل مساندة البلدان الأشد احتياجاً إلى تحقيق تحسن في معدلات الحصول على طاقة نظيفة ميسورة التكلفة ومستدامة نحو تحقيق الهدف السابع من أهداف التنمية المستدامة(١).

- الجانب الاجتماعي:

من شأن تطبيقات الاعتماد على مصادر الطاقات الجديدة والمتجددة كالسخان الشمسي والخلايا الضوئية، وعمليات تدوير المخلفات الزراعية وتحويلها إلى سماد عضوي أن تساهم في القضاء عملي البطالة واجتثاث الفقر وفي الحفاظ على الموارد المالية والمادية من الهدر؛ -يساهم استعمال الطاقة الشمسية في المناطق النائية للتدفئة الحرارية أو لتوليد الكهرباء بالبخار أو تجفيف المحاصيل في فك عزلة المناطق النائية واكتساب العديد من الخبرات والمهارات ومنه المساهمة في تحقيق التنمية المحلية

تحتاج مشاريع البني التحتية كالمرافق الصحية والمستشفيات والمدارس خاصة في المناطق النائية والصحراوية المعزولة إلى مصادر تمويلية ضخمة، ولكن إذا

(1)https://www.arabstates.undp.org/content/rbas/ar/home/sustainable-development-goals/goal-7-affordable-and-clean-energy.html

مـــا تـم تـصـمـيمها بتقنيـــات تكنولوجيـا الطاقـة المتجـددة المتطـورة، حيـــث تـســتمد طاقتهـا مـن مصـادر الطاقـات المتجـددة (شمـس، ريـاح، ميـاه، وغيرهـا)، فمـن شـــأنها أن تقلـــل مـــن تكـــاليف الـــربط بالطاقـــة وتكـاليف صـيانة الأسـلاك وتـشييد المحطات التقليدية[1]، بالإضافة إلى تحفيـز الاسـتثمار في هـذه المنـاطق، و تساهم في توزيع الفرص العادلة بين جميع أقاليم البلد الواحد؛ -تتميز هذه الأنظمة بوجودها على مقربـة مـن المنـاطق التـي تـستخدمها، مـا يـوفر الحـس بالقيمـة والملكيـة الجماعيـة المشتركة ويعزز التنمية المستدامة؛ -توفر أنظمـة الطاقـة المتجـددة فـرص عمـل جديـدة ونظيفـة ومتطـورة تكنولوجيـا، فقطـاع الطاقة المتجددة يشكل عامل دفع لنمـو الوظـائف العاليـة الجـودة، وهـو يتفـوق مـن بعيـد في هـذا السـياق علـى قطـاع الطاقـة التقليديـة الـذي يستلزم تـوافر قوي رأسمالية دافعة.

- **دوافع الاتجاه نحو الطاقة المتجددة:**

التخفيف من التغيرات المناخية حيث لا ينتج عنها مخلفات كثاني اكسيد الكربون أو غـازات ضـارة مسببة للاحتبـاس الحـراري باعتبارهـا طاقـات نظيفـة وصـديقة للبيئـة وبالتالي التخفيض من التكاليف البيئية.

(1) Nurdin, Nurdin., Stockdale, Rosemary. & Scheepers, Helana,. (2011). Understanding Organizational Barriers Influencing Local Electronic Government Adoption and Implementation: The Electronic Government Implementation Framework. Theoretical and Applied Electronic Commerce Research, 6(3), 13-27.

ضمان آمن لإمدادات الطاقة فهي متوفرة بكثرة في جميع أنحاء العالم فرصيدها غير قابل للنفاذ فهو متجدد ومستمر بصفة دائمة ومستدامة باعتبارها تمثل المصدر الأساسي لإمداد الدول الصناعية والنامية بالطاقة بشكل مستدام مستقبلاً[1].

وتمثل أسواق الطاقة المتجددة واحدة من أكبر الأسواق التي تشهد أكبر معدل نمو في جميع أنحاء العالم، وقد كانت كلفة الطاقة المتجددة باهظة؛ ولكنها تتقلص باستمرار ويرجع ذلك إلى تحسن تكنولوجيات إنتاج الطاقة المتجددة، ومع نضوج هذه الصناعة سوف يستمر هذا الانخفاض في تكلفة الإنتاج.

(1)) Halabi, M.A., Al-qattan, A., Al-otaibi A. (2015). Application of solar energy in the oil industry: Current status and future prospects. Renew. Sustain. Energy Rev., 43, 296–314.

الفصل الثانى

تكلفة وتكنولوجيا الطاقة المتجددة والتحديات التى تواجه تطبيقها

أصبح هناك توجه عالمي نحو الطاقة المتجددة، وذلك يرجع إلى الرغبة في سد الفجوة بين إنتاج واستهلاك الطاقة في ظل تزايد الطلب العالمي مع عدم قدرة مصادر الطاقة التقليدية الاستدامة في تلبية هذه الاحتياجات، بالإضافة إلى الحد من الغازات مثل غاز ثاني أكسيد الكربون للتوجه نحو مستقبل مستدام، ولا شك أن هناك تحديات نحو التحول إلى الطاقة المتجددة ومن أهم هذه التحديات هي تطوير التكنولوجيا السليمة بيئياً ونشرها على نطاق واسع مع إتاحة سبل الحصول عليها.

وفى ظل اقتصاد المعرفة أصبحت التكنولوجيا وتطوير تقنياتها تمثل في هذا الوقت المحرك الرئيسي للنمو الاقتصادي على كافة الأنشطة الاقتصادية[1] ، ولا شك أن الابتكار على مستوى التكنولوجيا النظيفة عامل أساسي في معظم المجالات وبالأخص مجال الطاقة المتجددة، فمعظم دول العالم سواء المتقدمة أو النامية تسعى إلى توفير المناخ الملائم لتشجيع مثل هذه الابتكارات وذلك من خلال توفير الحوافز المالية، والاعفاءات الضريبية وزيادة الإنفاق على البحث والتطوير وغيرها.

وعليه سنقوم بتقسيم هذا الفصل إلى المباحث الآتية:

المبحث الأول: تكلفة وتكنولوجيا الطاقة المتجددة

المبحث الثانى : التحديات التى تواجه استغلال الطاقة المتجددة.

(١) راجع بحثنا: اقتصاد المعرفة وجه التنمية الاقتصادية الحديثة، مجلة الحقوق، جامعة الكويت، يناير ٢٠٢٢، ص ٤٥ وما بعدها.

المبحث الأول

تكلفة وتكنولوجيا الطاقة المتجددة

هناك علاقة تربط بين تكنولوجيا الطاقة المتجددة وتكلفتها، فأثبتت الدراسات المختلفة أنه كلما تقدمت التكنولوجيا وتطورت في قطاع الطاقة المتجددة كلما انخفضت التكلفة الإنتاجية، ومن هنا سنقوم بتقسيم هذا المبحث إلى مطلبين

المطلب الأول: تكلفة الطاقة المتجددة.

المطلب الثاني: تكنولوجيا الطاقة المتجددة.

المطلب الأول

تكلفة الطاقة المتجددة

مما لا شك فيه أن تكاليف توليد الكهرباء من الطاقة المتجددة لم تُعد كسابق عهدها في العقود الماضية، بل انخفضت انخفاضا كبيراً نتيجة لتنامى خبرة المطورين لتكنولوجيا إنتاج الطاقة المتجددة وكذلك لتطور التقنيات الخاصة بها مع زيادة سلاسل التوريد ووفورات الحجم.

لقد سارت المشاريع الجديدة لطاقتي الشمس والرياح تزاحم أرخص محطات الطاقة الحالية التي تعمل بالفحم وأقلها استدامة ، وتشير الدراسات إلى أن التكاليف التشغيلية لمحطات توليد الكهرباء الحالية العاملة بالفحم – والتي تبلغ قدرتها الإنتاجية

الإجمالية ٨٠٠ جيجا واط – باتت أعلى من التكاليف التشغيلية لمشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية وطاقة الرياح البرية الجديدة على مستوى المرافق، ويشمل ذلك تكاليف دمج القدرات الإضافية بواقع ٠,٠٠٥ دولار أمريكي / كيلوواط ساعة ، وسيؤدى استبدال المحطات العاملة بالفحم إلى خفض تكاليف توليد الكهرباء بقيمة تصل ٣٢ مليار دولار سنوياً ، عدا عن تلافى إطلاق نحو ٣ جيجا طن من غاز ثاني أكسيد الكربون سنوياً.

وقد انخفضت تكلفة توليد الكهرباء من طاقتي الشمس والرياح إلى مستويات متدنية جداً، فوصل إجمالي القدرة الإنتاجية التراكمية للطاقة المتجددة التي أضيفت على مستوى العالم منذ عام ٢٠١٠: ٢٠١٩ إلى ٦٤٤ جيجاوات، وقد تم إنتاجها بتكلفة أقل من أرخص خيارات التوليد باستخدام الوقود الأحفوري في كل عام(١).

ومن شأن الطاقة المتجددة المضافة في الدول الناشئة منذ عام ٢٠١٠: ٢٠٢٠ - والبالغة ٥٣٤ جيجاوات يتم توليدها بتكلفة أقل من أرخص أشكال الطاقة المولدة من الوقود الأحفوري – أن تساهم في خفض تكاليف إنتاج الكهرباء بحوالي ٣٢ مليار دولار أمريكي هذا العام.

باتت المشاريع الجديدة لطاقتي الشمس والرياح تزاحم حتى أرخص محطات الطاقة الحالية التي تعمل بالفحم وأقلها استدامة. وتشير الدراسة التحليلية للوكالة الدولية للطاقة المتجددة إلى أن التكاليف التشغيلية لمحطات التوليد الحالية العاملة بالفحم– والتي تبلغ قدرتها الإنتاجية الإجمالية ٨٠٠ جيجاوات- باتت أعلى من التكاليف

(1)https://www.irena.org//media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/ Jun/ IRENA_Power_Generation_Costs_2020_highlights_AR.pdf?la=en&hash=4D0F606D91CA2D0E06C9D297EF19A1E744B2444E

التشغيلية لمشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية وطاقة الرياح البرية الجديدة على مستوى المرافق، ويشمل ذلك تكاليف دمج القدرات الإضافية بواقع ٠،٠٠٥ دولار أمريكي/ كيلوواط ساعة. وسيؤدي استبدال المحطات العاملة بالفحم إلى خفض تكاليف توليد الكهرباء بقيمة تصل إلى ٣٢ مليار دولار سنوياً، عدا عن تالفي إطلاق نحو ٣ جيجا طن من غاز ثاني أوكسيد الكربون سنوياً.

تكاليف إنتاج الكهرباء من طاقة الرياح والطاقة الشمسية

شهد عام ٢٠٢٠، مشاريع طاقة الرياح البرية والتي تم تكليفها في ذلك العام بتكاليف كهرباء أقل من أرخص خيار يعمل بالوقود الأحفوري بحوالي ١٠٠ جيجاوات، وهو رقم يزيد بحوالي ٥٨ جيجاوات عن عام ٢٠١٩. كما انخفضت تكاليف إنتاج الكهرباء من مشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية أيضًا في عام٢٠٢٠، والتي كانت ٤٥,٥ جيجاوات على نطاق المرافق والتي تعد تكلفتها أقل من أرخص خيار يعمل بالوقود الأحفوري(١).

بالإضافة إلى هذه الوفورات المباشرة في التكاليف أيضًا، يجب أيضًا مراعاة الفوائد الاقتصادية الكبيرة – الوفورات غير المباشرة - لانخفاض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وملوثات الهواء المحلية عند النظر في الفوائد الإجمالية.

فمنذ عام ٢٠١٠، تمت إضافة حوالي ٦٤٤ جيجاوات على مستوى العالم من قدرة توليد الطاقة المتجددة التي كانت تكاليفها أقل من أرخص خيار يعمل بالوقود

(١) إدارة معلومات الطاقة الأمريكية، التكاليف المعيارية لموارد الجيل الجديد في التوقعات السنوية للطاقة ٢٠٢١.

الأحفوري في ذلك العام. وتغيرت بسرعة مع انخفاض تكاليف الرياح البرية والطاقة الشمسية الكهروضوئية على وجه الخصوص(١).

وتؤكد نتائج المشتريات التنافسية للطاقة المتجددة من خلال اتفاقيات شراء الطاقة (PPA) وتعنى (Power purchase agreement) على تنافسية مصادر الطاقة المتجددة.

وتوفر منظمة الطاقة الدولية لتكاليف الطاقة المتجددة واتفاقيات شراء الطاقة قاعدة البيانات اللازمة، وتسلط الضوء أيضا على حقيقة مشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية على نطاق المرافق ومشاريع الرياح البرية في المتوسط، حيث تكون قادرة على إنتاج الطاقة الكهربائية بأقل من أرخص تكلفة مشروع جديد يعمل بالوقود الأحفوري، كما أنها تقلل بشكل متزايد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.

تكاليف الطاقة الشمسية كنموذج للطاقة المتجددة

التكاليف الرأسمالية للطاقة الشمسية الكهروضوئية تتكون من شقين رئيسيين: الوحدات الشمسية التي تحول ضوء الشمس إلى كهرباء، ونظام ساند وهو مصطلح شامل يشير إلى جميع المكونات والخدمات الأخرى اللازمة لجعل النظام الكهروضوئي عاملاً بما في ذلك – ولا يقتصر على – الكابلات والحاملات وتكاليف الأيدي العاملة والعاكس(٢).

(1) ITRPV (2021)، International Technology Roadmap for Photovoltaic 2020 Results, International Technology Roadmap for Photovoltaic, https://itrpv.vdma.org/web/itrpv/download.

(2)file:///C:/Users/al%20%20%20rwad/Downloads/KS-2017-DP015-Estimating-the-Learning-Curve-of-Solar-PV-Balance-of-Systems-for-over-20-countries.pdf

تشير معظم البيانات إلى أن الطاقة الشمسية الكهروضوئية سوف تصبح التقنية الرئيسية لإمداد الطاقة[١] حيث انخفضت تكلفة الكهرباء المنتجة من محطات الطاقة الكهروضوئية على نطاق المرافق بنسبة ٨٥٪ بين عامي ٢٠١٠ و٢٠٢٠[٢]. وعلى مستوى كل دولة على حدة، انخفض المتوسط المرجح لكفاءة الطاقة المنخفضة للطاقة الشمسية الكهروضوئية على نطاق المرافق بنسبة تتراوح بين ٧٧٪ و٨٨٪ بين عامي ٢٠١٠ و٢٠٢٠. كما انخفضت تكلفة الوحدات الكهروضوئية الشمسية البلورية المباعة في أوروبا بحوالي ٩٣٪ بين ديسمبر ٢٠٠٩ وديسمبر ٢٠٢٠.

وبلغ متوسط التكلفة الإجمالية المرجحة للقدرة العالمية المركبة للمشاريع التي تم التكليف بها في عام ٢٠٢٠ حوالي ٨٨٣ دولارًا أمريكيًا للكيلووات، أي أقل بنسبة ٨١٪ عن عام ٢٠١٠ وأقل بنسبة ١٣٪ عن عام ٢٠١٩، كما نمت قدرة الطاقة الشمسية الكهروضوئية ١٦ ضعفًا بين عامي ٢٠١٠ و٢٠٢٠، مع تركيب أكثر من ٧٠٧ جيجاوات في نهاية عام ٢٠٢٠[٣].

(1) Creutzig F, Agoston P, Goldschmidt JC, Luderer G, Nemet G, Pietzcker RC. The underestimated potential of solar energy to mitigate climate change, Nat Energy 2017, http://refhub.elsevier.com/S0360-5442(21)00716-7/sref72

(2)Francesco La Camera, RENEWABLE POWER GENERATION RENEWABLE POWER GENERATION COSTS IN 2020 P85.

(3) Ran, F., D. Feldman and R. Margolis (2018), US solar photovoltaic system cost benchmark: Q1 2018, National Renewable Energy Laboratory, Golden, www.nrel.gov/docs/fy19osti/72399.pdf.

ووصل إجمالي التكاليف المركبة في السوق الكهروضوئية (PV)[1]على الأسطح السكنية أعلى مما هي عليه في سوق المرافق. ولكنها انخفضت بنسبة تتراوح بين ٤٦ ٪ و٨٥٪ بين عامي٢٠١٠ و٢٠٢٠، اعتمادًا على السوق. كما انخفض إجمالي تكاليف النظام المثبت بين ٦٩٪ و٨٨٪ بين عامي ٢٠١٠ و٢٠٢٠[2]، وبلغ المتوسط، في عام٢٠٢٠، حوالي ٦٥٪ من إجمالي التكاليف المركبة.

إضافة لما سبق زاد عامل متوسط السعة العالمي المرجح لأنظمة الطاقة الشمسية الكهروضوئية الجديدة على نطاق المرافق من ١٣,٨٪ في عام ٢٠١٠ إلى ١٦,١٪ في عام ٢٠٢٠، ويأتي هذا التغيير كنتيجة للتأثيرات المشتركة لنسب تحميل العاكس، والتحول في متوسط إشعاع السوق والتوسع في استخدام المتعقبات، مدفوعًا إلى حد كبير بالاعتماد المتزايد على تقنيات" الألواح الشمسية " ثنائية الوجه، التي تطلق العنان لاستخدامها.

إجمالي تكاليف وحدات الطاقة الشمسية الكهروضوئية

تعتمد الصناعة الشمسية الكهروضوئية على الوحدات الشمسية وتعتبر الأخيرة العمود الفقري لهذه الصناعة، ولا شك ان سعر الوحدة تعتبر مؤشر لتقييم القدرة التنافسية لتكنولوجيا الطاقة الشمسية فيما يتعلق بالتكنولوجيات التقليدية الأخرى، وبناء على الدراسات الأكاديمية والتقارير الصناعية فإن تلك الوحدات تتبع منحنى تعلم بنسبة ٨٠%، فمنحنى التعلم بالنسبة (س) لأي منتج يعنى أنه في كل مرة يتضاعف

(1) Photovoltaics PV-تعرف بالخلايا الكهروضوئية أو الخلايا الشمسية

(2) pvXchange (2021), PV module price index (PV marketplace), v 2021, Price Index,
www.pvxchange.com/en/price-index.

الإنتاج التراكمي العالمي تكون تكلفة الإنتاج الجديدة هي (س) في المئة للمستوى السابق.

تمثل الوحدة الشمسية تاريخياً حصة في النفقات الرأسمالية أكبر بكثير من النظام الساند، وبعد ما يقارب من أربعة عقود من التقدم التكنولوجي والتطورات في السوق تقلصت تكلفة الوحدات بشكل كبير، وأصبح النظام الساند يمثل الآن أكثر من نصف التكلفة الرأسمالية.

تجدر الإشارة إلى أن الاتجاه التنازلي في تكلفة الوحدات الكهروضوئية الشمسية يعد قوة دافعة مهمة لتحسين القدرة التنافسية حيث استمر هذا الاتجاه حتى عام ٢٠٢٠ وانخفضت أسعار وحدات السيليكون البلورية بين عامي (٢٠٠٩/٢٠٢٠) بنسبة ٨٩٪ و٩٥٪ للوحدات المباعة في أوروبا حسب النوع وكان المتوسط المرجح لخفض التكلفة في حدود ٩٣٪ خلال تلك الفترة[١].

كما انخفض متوسط سعر الوحدة السنوي بين ٥٪ و١٥٪ للوحدات البلورية في عامي ٢٠١٩ و٢٠٢٠، وشهد هذا العام تسعير الوحدات النمطية السائدة مقابل ٠,٢٧ دولار أمريكي/ واط، وبالرغم من وجود تكاليف متعددة، تم الاعتماد على تقنية الوحدة النمطية، حيث تفاوتت التكاليف من ٠,١٩ دولارًا أمريكيًا / وات للوحدات منخفضة التكلفة إلى ما يصل إلى ٠,٣٨ دولارًا أمريكيًا و ٠,٤٠ دولارًا أمريكيًا / وات للكفاءة

(١) بوعشة إسمهان، جدوى إستغلال الطاقة الشمسية كطاقة متجددة وإمكانية استخدامها في التبادلات التجارية الخارجية (دراسة حالة الجزائر)، رسالة دكتوراة، كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، جامعة محمد خيضر بكرة، ٢٠١٩، ص٢٠١.

العالية، لجميع الألواح الشمسية ذات الوحدات السوداء وذات الوجهين، ويتراوح نطاق التكلفة هذا بين ٩٪ و١١٪ أقل مما كان عليه خلال في عام ٢٠١٩[١].

وبالرغم من أن الطاقة الشمسية الكهروضوئية أصبحت تقنية ناضجة، فإنه لا تزال هناك اختلافات إقليمية في التكلفة وسوف نوضح ذلك في الشكل رقم (٦) وهذه الاختلافات ليس فقط بالنسبة لمكونات تكلفة الوحدة النمطية والعاكس، ولكن أيضًا بالنسبة لتكاليف المكونات الأخرى للنظام الشمسي BOS (تكاليف التركيب) على المستوى العالمي.

وبالتالي فإن التكاليف تعد أيضًا عاملاً هامًا في انخفاض متوسط التكلفة الإجمالية المرجحة للتركيب، وخلال عامي ٢٠١٠ و٢٠٢٠ انخفضت تكاليف التركيب بنسبة ١٣٪، و٧٪ من الأرفف، و٣٪ من أجهزة BoS الأخرى (مثل الكابلات، وصناديق التوصيل، وما إلى ذلك) و١٦٪ من مجموعة من الفئات الأصغر، وتتعلق أسباب تخفيض تكلفة BoS بالضغوط التنافسية وزيادة خبرة المثبت، مما أدى إلى تحسين عمليات التركيب.

تكلفة تخزين البطاريات الثابتة

يلعب تخزين الكهرباء دورًا حاسمًا في تمكين المرحلة التالية من انتقال الطاقة، وسوف يساهم تخزين البطاريات في إزالة الكربون من نظام النقل والكهرباء[٢] مما

(١) المرجع السابق، ص ٢٠٥.

(2) IRENA (2020)، Renewablepower generation costs in 2019, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

يؤدى إلى انخفاض تكاليف تخزين البطاريات[1]. وتعد تكلفة أنظمة البطاريات للتطبيقات الثابتة أكثر تكلفة من تلك المستخدمة لتطبيقات الأجهزة المحمولة نظرًا لتكاليف نظام إدارة العبوات والبطاريات الإضافية المطلوبة لإدارة دورات الشحن / التفريغ الأكثر صعوبة التي تتعرض لها. حيث لا تتوفر بيانات قوية لخفض تكلفة البطاريات على نطاق واسع، ومع ذلك في نهاية عام ٢٠١٨ قامت الولايات المتحدة بتركيب بطارية بسعة ٨٦٩ ميجاوات مع ١٢٣٦ ميجاوات ساعة من سعة تخزين الكهرباء وبين عامي ٢٠١٥ و٢٠١٨، انخفضت تكلفة تخزين البطاريات على نطاق المرافق في الولايات المتحدة بنسبة ٧١٪ من ٢١١٥ دولارًا أمريكيًا / كيلووات ساعة إلى ٦٣٥ دولارًا أمريكيًا للكيلووات / ساعة في الولايات المتحدة[2].

ويرجع هذا بشكل أساسي إلى معدل الانخفاض في تكلفة بطاريات الليثيوم أيون، حيث إنها تمثل ٩٠ ٪ من إجمالي سعة البطارية المثبتة. وأصبح سوق النمو الحقيقي في أنظمة تخزين بطاريات صغيرة الحجم تعمل إلى جانب أنظمة الطاقة الشمسية الكهروضوئية الموجودة على الأسطح في المباني السكنية والتجارية.

حيث تشير بيانات السلاسل الزمنية لأنظمة البطاريات السكنية صغيرة الحجم في السوق الألمانية إلى أن الأسعار انخفضت أيضًا بنسبة ٧١٪ بين عامي ٢٠١٤

(1) IRENA (2018)، Renewable power generation costs in 2017, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, generation-costs-in-2017 www.irena.org/publications/2018/Jan/Renewablepower

(2) EIA, Battery storage in the United States: An update on market trends, USEnergy Information Administration, Washington, DC, (2020).

و٢٠٢٠[١] وبلغت الأسعار في عام ٢٠٢٠ (٧٧٦ دولارًا أمريكيًا / كيلووات ساعة)، وتشير البيانات الخاصة بأستراليا إلى أسعار أقل من التي شهدتها ألمانيا لأنظمة تخزين البطاريات السكنية، بينما تشهد المملكة المتحدة أيضًا أسعارًا أقل قليلاً.

المطلب الثاني

تكنولوجيا الطاقة المتجددة

الطاقة المتجددة باتت تمثل المصدر الرئيسي للطاقة في العالم بخلاف الطاقة الأحفورية، وكان ذلك راجعاً للتوجه العالمي نحو الطاقة المتجددة لسد الفجوة بين إنتاج واستهلاك الطاقة حيث إن الطاقة الأحفورية لم تُعد قادرة على تلبية الطلب العالمي على المدى المتوسط وعلى المدى الطويل فهي إلى الزوال، بخلاف الأثار السلبية التي تخلفها الطاقة الأحفورية من الغازات الضارة مثل ثاني أكسيد الكربون والتي تهدد التنمية المستدامة في فكرة المستقبل المستدام.

ومما هو جدير بالذكر أن تطوير التكنولوجيا هو العامل الرئيسي للانتقال إلى الطاقة المتجددة [٢]، فنجد أن هناك تنافس عالمي لتشجيع الابتكارات الخاصة بتكنولوجيا الطاقة المتجددة، وذلك من خلال توفير الحوافز المالية، الاعفاءات

(١) توقعات بانخفاض أسعار حزمة بطاريات الليثيوم أيون"حتى عام ٢٠٢٣، دراسة لمعهد "بلومبيرغ نيف"، نيويورك، الولايات المتحدة الأمريكية، ٢٠٢٠.

(2) https://www.irena.org/

الضريبية وزيادة الإنفاق على البحث والتطوير وغيرها من الأدوات التي تساهم في خلق تكنولوجيا استخراج واستخدام الطاقة المتجددة.

وقد أدركت شركات الطاقة أن الابتكار وتطوير تكنولوجيات الطاقة المتجددة بات أمراً ضرورياً من أجل تحقيق مستقبل أكثر استدامة ، حيث أن مصادر الطاقة المتجددة أصبحت تمثل القوة والسلطة المستقبلية من الطاقة والتي تفرض هيمنتها على العالم دون تجريد مصادر الطاقة التقليدية، فعلى سبيل المثال تكنولوجيا الخلايا الشمسية تسير بسرعة كبيرة نحو التطور مما ساهم في تزايد استخدامها في الكثير من البلدان وكذلك في العديد من التطبيقات ، فقد تراجعت تكلفة الطاقة التي تنتجها الخلايا الشمسية من ٨ دولار لكل وات إلى ٠,٨ دولار مما يُعد تطوراً كبيراً في كيفية الاستفادة من مجال تكنولوجيا الطاقة الشمسية وتوظيفها في المنتجات الصناعية المختلفة.

ومع تزايد تبني طرق توليد الطاقة النظيفة عبر الموارد المتجددة ستصبح هناك مؤسسات متخصصة في هذا المجال كالتوليد والتوزيع لكي تقوم ببيع الفائض وتوزيعه على المستهلكين عبر شبكاتها، وهذا يفتح المجال لأن يستثمر كل شخص سطح منزله لتوليد الكهرباء وبيعها للحكومة. ولا يتوقف استخدام الطاقات الجديدة على الطاقة الشمسية فقط، بل يمتد على صور مختلفة من الطاقات المتجددة، حيث يُمكن كل بلد على حسب طبيعتها من استخدام مصدر أو أكثر من مصادر الطاقة المتجددة، فالدول التي لديها سواحل بحرية بمكن استغلال حركة المياه تحت السطح وبناء مزارع الرياح داخل المحيط، والدول الحارة يمكنها استغلال الشمس وخاصة في الصحاري حيث يمكن

إنشاء مزارع شمسية، وهكذا مما يجعل تكنولوجيا الطاقات المتجددة ضرورة هامة للمستقبل لتأمين الحياة وتقليل الانبعاثات المختلفة للحفاظ على البيئة[١].

يمكن استخدام الطاقات الجديدة والمتجددة إما بطريقة مباشرة او بطريقة غير مباشرة: فالطريقة غير المباشرة هي عن طريق استبدال مصدر الطاقة من محطات الكهرباء بمصدر طاقة شمسية مثبته أعلي المنازل ويتم تغذية الأجهزة المنزلية ويتم اضافة وحدات تخزين الطاقة اللازمة لتشغيل الأجهزة ليلاً بالكهرباء من ألواح الطاقة الشمسية مباشر. كما أن هناك منتجات يمكن اضافة بها مصدر الطاقة نفسه مباشر مثل المركبات المزودة بالطاقة الشمسية او خلايا الوقود ومثل شواحن الهواتف المحمولة التي تعمل باستخدام طاقة الإنسان الحركية، ومثل المنتجات التي تعتمد على نفسها في ايجاد طاقتها وفي هذه الحالة تكون طريقة استخدام الطاقة بشكل مباشر[٢] .

(١)) كريم صابر مصطفى: دور التكنولوجيا الإحلالية في تصميم وتطوير منتجات التصميم الصناعي، الجيزة، غير منشور، ٢٠١٧، ص ٥٤.

(2)) Karatayev, M., Hall, S., Kalyuzhnova, Y., Clarke, M.L. (2015). Renewable energy technology uptake in Kazakhstan: Policy drivers and barriers in a transitional economy. Renew. Sustain. Energy Rev., 66, 120–136.

المبحث الثاني

تحديات الطاقة المتجددة في التطبيق

تتمتع الدولة المصرية بالعديد من الفرص التي حباها الله بها في مجال الطاقة المتجددة، ورغم ذلك نجد أن نسبة إنتاج الكهرباء – على سبيل المثال – من المصادر المختلفة للطاقة المتجددة عبر الفترة الزمنية الماضية لا تتناسب والفرص الكثيرة التي تمتلكها الدولة المصرية والغير مستغلة، وحيث أن هناك بعض التحديات التي تواجه قطاع الطاقة المتجددة على مستوى العالم[1] وتواجه الدولة المصرية بعض من هذه التحديات التي سنعرضها كل منها في مطلب مستقل:

المطلب الأول

التحديات التكنولوجية لتقنيات الطاقة المتجددة في مصر

تمثل المعرفة الخاصة بتكنولوجيا الطاقة المتجددة المحور الرئيسي لذلك القطاع، وهناك تفاوت كبير في تقنيات الطاقة المتجددة ما بين الدول المتقدمة، وغيرها من الدول النامية؛ ويعتبر نقل تكنولوجيا تصنيع الآلات والمعدات اللازمة لاستغلال

(1) Nguyen, Nhan, Thanh, Minh, Ha-Duong, Thanh, C. Tran, Ram M. Shrestha, Franck Nadaud (2010). Barriers to the adoption of renewable and energy-efficient

الطاقة المتجددة أمر غاية الأهمية وغاية الصعوبة في آن واحد، فيحتاج هذا الأمر إلى حتمية توافر الخبرة الفنية القادرة على ذلك وهذا ما تفتقده معظم الدول النامية.

فيجب على الدولة التي تسعى إلى استغلال الطاقة المتجددة، الى ضرورة وضع خطط مدروسة على أسس علمية معرفية مع تكاتف كافة مؤسسات تلك الدولة لنقل هذه التكنولوجيا مع اخذها في اعتبارها الإمكانيات المتوفرة بالدولة من إمكانيات مادية وأيدي عاملة، مع عملها على تنمية مهارات الجانب المعرفي للكادر البشرى لديها، حيث ان غياب الجانب المعرفي للعنصر البشرى يعتبر من أكبر التحديات الفنية لاستغلال الطاقة المتجددة.

وفيما يلي بعض التحديات التكنولوجية التي تواجه انتشار الطاقة المتجددة:

- التصنيع:

بدأت المصانع المصرية في انتاج بعض المعدات الخاصة بصناعة طاقة الرياح مثل أبراج التوربينات ولديها ميزة نسبية وتستفي الشروط القياسية، ولكن للحصول على نفس الميز البعض المنتجات الأخرى مثل الشفرات، لابد من التوسع في برامج الطاقة المتجددة بما يبرر التوسع في صناعات الطاقة المتجددة والتمتع بمميزات اقتصاديات الحجم الكبير بما يساهم مستقبلا في إقامة مشروعات طاقة رياح والطاقة الشمسية بتكلفة اقل.(١)

(١) محمد أيمن سعد الجوجرى، الطاقة المتجددة ودورها فى حل أزمات الطاقة، دراسة مقارنه مع التطبيق على مصر ،رسالة دكتوراه كلية الحقوق، جامعة المنصورة ،٢٠١٨، ص ٤٣ وما بعدها.

- **البحث والتطوير:**

لاتزال بعض انواع تقنيات الطاقة في مرحلة التطوير والدراسة ولم تصل الي الجودة الكاملة ، ومازالت بحاجه الي مزيد من الدراسات والبحوث ثم بعد ذلك طرحها في الاسواق. ومع ذلك يخبرنا الواقع أن الاستثمار في البحث والتطوير غير كاف لجعل الطاقات المتجددة قادرة على التنافس تجارياً مع الوقود الأحفوري، حيث يجب على الدول التي تريد أن تلحق بركب التنمية المستدامة من خلال الطاقة المتجددة أن توجه جزء كبير من إنفاقها على البحث والتطوير في هذا القطاع حيث أن الطاقة المتجددة في تطور مستمر وكل مرحلة من مراحل التطور والتحديث يترتب عليها مخاطرة إن لم يتم دراستها بشكل صحيح[1].

- **الخبرات والكفاءات:**

لا شك أن غياب الجانب المعرفي والمعلوماتي في تصنيع مكونات وأنظمة الكافة المتجددة تعتبر من المعوقات الفنية التقنية التي تحول دون نشر تطبيقات الطاقة المتجددة وتطور هذا القطاع؛ ومازالت السوق المصرية تفتقر الي الخبرات والكفاءات الفنية في مجال الطاقة المتجددة، اضافة الي ان هناك ضعفا في التوازن بين الفاعلية المتعلقة بتكنولوجيا الطاقة المتجددة على المستوي المحلي مع استراتيجيات التفعيل، فضلا عن ارتفاع اسعار التكنولوجيات مع انخفاض كفاءتها.

---

(1) Huang, S., Lo S., Lin, Y. (2013). To re-explore the causality between barriers to renewable energy development: A case study of wind energy. Energies, 6(9), 4465.

- **تعقيدات التكنولوجيا:**

مازالت تقنيات الطاقة المتجددة لم تصل بعد لمرحلة النضج الكامل بتوافر معايير وإجراءات من حيث الموثوقية والأداء ... الخ ؛ مما قد يترتب على ذلك عدم قدرتها من تحقيق تسويق واسع النطاق ، فمن المشاكل الفنية التي تواجهها الطاقة المتجددة ويمثل تحدى كبير لهذا القطاع هي مشكلة التخزين ، حيث نجد أن درجة سطوع الشمس تختلف باختلاف فصول العام بل تختلف باختلاف توقيت اليوم الواحد ، ومثلها الرياح غير دائمة ولا مستمرة بوتيرة واحدة ، وبالتالي فشبكة الكهرباء لا يمكن أن تعمل ما لم تكن قادرة على تحقيق التوازن بين العرض والطلب ، فيجب تطوير بطاريات كبيرة يمكنها تعويض الأوقات التي لا تتوافر فيها مورد متجدد.

ويجب على الدولة مراعاة مراحل تطبيق الطاقة المتجددة، من خلال تحديد قائمة أولويات للمكونات التي يمكن نقل تقنيات تصنيعها بناء على دراسات للقدرات المحلية في التصنيع وما تتطلبه إجراءات تصنيع مكونات ومعدات الطاقة المتجددة ومدى توافر القوى البشرية العاملة والاستثمارات التي يمكن من خلالها تنمية الجانب المعرفي للعنصر البشرى.

المطلب الثاني

التحديات الاقتصادية والمالية

مما لا شك فيه أن الطريق ليس ممهدا أمام الطاقة المتجددة للسيطرة على سوق الطاقة في العالم فهناك العديد من التحديات وعلى رأسها التحديات الاقتصادية والمالية والمتمثلة في أن رأس المال الأولى لتأسيس مشروعات الطاقة المتجددة مرتفع بالإضافة إلى قلة في عدد المستثمرين والمؤسسات المالية التي ترغب في ولوج طريق الاستثمار في مشروعات الطاقة المتجددة[1]، مع أن المنافسة ليست بالبسيطة بين الوقود الأحفوري والطاقة المتجددة وهذا ما سنتعرض له بشيء من التفصيل في النقاط التالية:

- المنافسة بين الوقود الأحفوري والطاقة المتجددة:

يقوم الوقود الأحفوري بتوفير القدر الأكبر من الطاقة، وسيبقى لاعباً مهماً في توفير الطاقة في المستقبل، حيث تشير الدراسات[2] المختلفة إلى أنه من المتوقع أن يوفر الوقود الأحفوري ٧٨% من الطاقة العالمية المستخدمة في عام ٢٠٤٠، وفى ذات السياق نجد أن الوقود الأحفوري مازال يستحوذ على الحجم الأكبر من الاستثمارات

(١) نحو إطار متكامل لقياس ودراسة اثر أهداف التنمية المستدامة لما بعد ٢٠١٥ على أوضاع التنمية المستدامة فى مصر خلال الفترة ٢٠١٥/٢٠٣٠ (سلسة قضايا التخطيط والتنمية رقم (٢٦٨) معهد التخطيط القومى، ص ١٨.

(٢) تقرير وكالة الطاقة الدولية لتوقعات الطاقة (٢٠١٦)

https://www.irena.org//media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Oct/IRENA_Outlook_Egypt_2018_AR.pdf?la=en&hash=BFBBB40D315AB87F7EF336E0511D8E8DBE1526D6

- **التمويل:**

يواجه منتجو ومطورو الطاقة المتجددة صعوبات شديدة في تأمين التمويل لمشروعات الطاقة المتجددة بمختلف انواعها، ففرص تمويل مشروعات الطاقة المتجددة متاحة بقدر منخفض عن مشروعات الطاقة الأحفورية، فهناك أدوات ومؤسسات مالية محدودة لتمويل مشاريع الطاقة المتجددة باعتبارها مشروعات محفوفة بالمخاطر[1].

وفى مصر قد مر تمويل برامج الطاقة المتجددة وما ارتبط بها من مشروعات بمراحل مختلفة، فالمرحلة الاولي تم الاعتماد فيها على المنح المقدمة من الهيئات الدولية لأنشاء مشروعات الطاقة المتجددة وذلك في نهاية الثمانينيات وبداية التسعينات، والمرحلة الثانية خلال منتصف التسعينيات وتم الاعتماد فيها على التمويل المشترك بين الحكومة والمنح، ومع دخول الالفية الجديدة تم الاعتماد فيها على التمويل الذاتي بشكل رئيسي.

ولعب تمويل المنظمات الأجنبية وخاصة الأوربية منها دورا كبيرا في تمهيد الطريق امام مشروعات استغلال طاقة الرياح في عدد من المواقع، ومع التحول نحو التمويل الذاتي يحتاج تنمية الاستثمارات توفير قروض ميسرة تجذب مستثمري القطاع الخاص او الحكومة مما يدعم تكلفة الإنتاج.

وقد أولت القيادة السياسية في مصر منذ عام ٢٠١٤ اهتماما كبيراً بمشروعات الطاقة المتجددة وتحفيز وتشجيع القطاع الخاص على الاستثمار بها وكان ذلك من خلال القرار بقانون رقم ٢٠٣ لسنة ٢٠١٤ بشأن تحفيز إنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة وكجزء من استراتيجية الطاقة المستدامة ٢٠٣٥ بنسبة ٤٢% على أن يتم توليد ٢٠% في سنة ٢٠٢٢ منها ١٢% من طاقة الرياح ، ٢% من الطاقة الشمسية

---

[1]World Energy Outlook 2019 – International Energy Agency, May 2019 .

، ٦% من الطاقة الكهرومائية ، ويعد مجمع بنان للطاقة الشمسية المشروع الاستراتيجي الأول في خطة زيادة نسب تحويل ٤٢% من إجمالي الطاقة المنتجة بمصر لتصبح طاقة جديدة ومتجددة بحلول عام ٢٠٣٥.

- **التكلفة الرأسمالية المرتفعة:**

ارتفاع التكلفة الرأسمالية لمشاريع الطاقة المتجددة مع تزايد النفقات الاستثمارية امام المستثمرين الراغبين في استرداد راس المال خلال فترة قصيرة، ما يدفع المستثمرين إلى العزوف عن الاستثمار في هذا القطاع [1]، وبالمقارنة بمشروعات الطاقة الأحفورية نجد النقيض بالإضافة إلى ما يسمى بالتكاليف غير الملموسة التي توجد في الطاقة الأحفورية ، فنجد أن التكلفة الإجمالية للطاقة الأحفورية تتمثل في تكلفة الاستكشاف والإنتاج والتوزيع والاستخدام ، ولكنها لا تشمل تكلفة الأضرار التي تلحق بالبيئة والمجتمع ، على الرغم من الآثار شديدة الضرر على الصحة ، فإن التكاليف غير المرئية – العوامل الخارجية – المرتبطة بالوقود التقليدي غير مشمولة في سعرها.

تذبذب اسعار الوقود وانخفاضها في السنوات الاخيرة، بما قد يحد من انتشار قطاع الطاقة المتجددة ونموه، وحل مشكلات التلوث المناخي، حيث تواجه المنظمات عدم تخصيص ميزانيات لأغراض البحث العلمي ورعاية المبدعين، لأن ذلك من وجهة نظرهم سيزيد من كاهل التكاليف والنفقات على ميزانية المنظمة[٢].

---

(1) UNIDO (2018), Industrial Development Report 2018, Demand for Manufacturing: Driving Inclusive and Sustainable Industrial Development, p 25.

(٢) ريهام محمد تركى أبو زهرة، تحديات دعم الطاقة فى مصر وآليات الإصلاح، رسالة دكتوراه، كلية الحقوق،جامعة طنطا، ٢٠٢١م، ص ٨٥.

المطلب الثالث

التحديات السياسة والقانونية

تتمثل المعوقات القانونية التي تقف مانع أمام تطور وتقدم نمو الطاقة المتجددة بعدم وجود سياسات وطنية تدعم مشاريع الطاقة المتجددة، بالإضافة إلى العقبات الإدارية والبيروقراطية، وضعف الحوافز المقدمة من الحكومات للمستثمرين أو المنتجين في هذا الشأن، وعدم وجود معايير وشهادات للمساعدة في نشر الطاقة المتجددة، مع غموض الأهداف الحكومية غير العملية وغير القابلة للتطبيق أحياناً[1].

- التعقيدات الإدارية والبيروقراطية:

هناك الكثير من العقبات الإدارية التي تقف حائل أمام تطور مشروعات الطاقة المتجددة وقد تتمثل هذه العقبات في التأخير في التخطيط، والتضارب بين الجهات الإدارية المختلفة للحصول على الموافقات مع طول المدة الزمنية للحصول على تصريح أو موافقة، وهو ما يترتب عليه التأخير في بدء المشروع مما يزيد من تكلفة المشروع وقد يزهد المطور أو المنتج ويترك المشروع قبل بدايته.

- غموض المعايير:

مشروعات الطاقة المتجددة تتمتع بتقنيات عالية وتطور في التكنولوجيا محدد لكفاءتها التشغيلية، فيجب التأكد من أن المعدات والأجزاء المصنعة أو التي تم

(1) http://egyptera.org/ar/download/journal/2018/periodical3_2018.pdf

استيرادها متوافقة مع المعايير العالمية[١]، حيث إن الخلل هنا سيترتب عليه الكثير من الخسارة للمشروع. وانضباط هذه المعايير سيترتب عليه استقرار وتقدم ونمو المشروع.

- **ضعف الحوافز المالية:**

يجب أن تعمل الحكومات المختلفة على تشجيع مثل هذه المشروعات والاستثمارات وذلك من خلال إزالة العقبات الإدارية التي سبق أن تحدثنا عنها، وتقديم حوافز مالية لتشجيع الاستثمار في هذا القطاع، وذلك من خلال إزالة الضريبة على واردات المعدات والأجهزة اللازمة لمشروعات الطاقة المتجددة، فيجب على الحكومات أن تدعم مصادر الطاقة المتجددة لجعلها قادرة على المنافسة مع الوقود الأحفوري، وعدم وجود مثل هذه الحوافز المالية يؤدى إلى ارتفاع التكاليف التي تقف عائق أمام تطوير الصناعة وتشغيلها وصيانتها[٢].

وقد أطلقت الحكومة المصرية الاستراتيجية الوطنية لتغير المناخ ٢٠٥٠، والتي ستمكن الدولة من تخطيط وإدارة تغير المناخ على مستويات مختلفة ودعم تحقيق أهداف التنمية المستدامة وأهداف رؤية مصر ٢٠٣٠ باتباع نهج مرن ومنخفض لانبعاثات الكربون.

(١) نجلاء صبحى خالد علام، الابتكار وتنافسية تكنولوجيات الطاقة المتجددة فى مصر فى إطار التنمية المستدامة من التجارب الدولية، معهد التخطيط القومى، ٢٠١٩، ص٦٥.

(٢) أحمد إبراهيم عبد الحميد الشحات، نحو تعزيز استخدام الوقود الحيوى كأحد مصادر الطاقة المتجددة لتخفيف من أزمة الطاقة فى مصر، رسالة ماجستير، كلية الاقتصاد والعلوم السياسية، جامعة القاهرة، ٢٠١٦، ص ١١٨.

الخاتمـة

لا شـك أن الطاقـة المتجـددة سـتكون فـي المـستقبل القريـب مـصدراً لطاقتنـا المحركة، فهناك الكثير من الدراسات والباحثين يطرقون كل يومـاً بابـاً من أبوابها دون كلٌ أو ملّ، وإذا لم يعثروا على بغيتهم في باطن الأرض أو أعماق البحار، فإن لهم أساليبهم ودراساتهم التي مكنتهم بالفعل من استخلاصها من الشمس والرياح والمياه، ومن مواد لم يظن الإنسان يوماً ما أنها نافعة – كفضلات الحيوانات – أو أنها ستصبح يوما ينبوعاً لثروات جديدة وحياة هنيئة.

وبات تطبيق التقنيات الحديثة لتوليد الطاقة المتجددة بأنواعها المختلفة – من طاقة شمسية وطاقة رياح وطاقة حيوية وغيرها من الطاقات الطبيعية – الأمل لكافة الأفراد والهيئات والحكومات لتوفير الطاقة في المستقبل، من ناحية لأنها مصادر طبيعية لا تنضب فتتمتع بالاستمرارية والدوام، ومن ناحية أخرى البعد البيئي فهذه المصادر تحافظ على الموارد الطبيعية وعناصر الإنتاج المختلفة.

وعلى الرغم من أن مصادر الطاقة التقليدية مازالت هي الأساس في تعزيز دور الصناعات المعتمدة على الاستخدام المكثف للطاقة وانتشارها وزيادة فاعليتها، فإن دول العالم تبذل جهوداً متزايدة للحد من التلوث الناتج عن استخدامات الطاقة التقليدية، وعليها أن تواصل جهودها في المحافظة على نقاء الهواء والماء والبيئة بوجه عام.

ومما لا شك فيه أن الطاقة المتجددة تُعد أفضل حل لمشكلة الطاقة والبيئة والتنمية، لذا يجب الاعتماد عليها أكثر سواء أكان ذلك في القطاع الصناعي أو الخدمي أو إنتاج الكهرباء.

النتائج:

الطاقة التقليدية لا تزال تستحوذ على الحصة الأكبر والأهم من بين الطاقات الأخرى، فنجد على سبيل المثال الكهرباء التي تخدم النشاطات البشرية سواء خدمية أو إنتاجية اعتمادها الأكبر على الطاقة التقليدية.

الطاقة المتجددة وأن أخذت جانباً متنامياً من اهتمام دول العالم، إلا أن وصولها لدرجة تعويض الطاقة التقليدية وأخذ مكانها، ليس بالأمر الهين، وليس مطروح في المستقبل المنظور.

يتم المفاضلة بين المواقع العديدة المقترحة لإنشاء محطات الطاقة الشمسية أو طاقة الرياح تبعاً لاعتبارات وظروف معينة تتمثل في كمية الطاقة الشمسية أو طاقة الرياح المولدة، وتوافر مساحات الأراضي والبنية التحتية.

إن التحول العالمى نحو تكنولوجيات الطاقة المتجددة سوف يولد حوالى ٦ مليون وظيفة إضافية على مستوى العالم فى ٢٠٥٠ ، كأهم نقاط قوة هذا القطاع، وزيادة الناتج المحلى الإجمالي العالمى بحوالى ٨,٠ % فى ذات العام.

التوصيات:

تنمية مهارات الايدى العاملة طبقاً للمعايير الدولية هو أمر ضروري وحيوي لنجاح مشروعات الطاقة المتجددة، فيجب على الدولة أن تتبنى سياسات لتنمية مهارات وقدرات الأيدي العاملة من خلال الوسائل التعليمية والتكنولوجية، مع رفع القدرات الإدارية ووضع أساس لنظام معلوماتي حول كفاءة الطاقة.

تطوير تكنولوجيات التوربينات ومعداتها – الخاصة بمزارع الرياح – للتغلب على المشكلات الناتجة عن فعل السيول وهجرات الطيور قدر الإمكان. مع التوسع في

إنشاء محطات كهروريحية في مواقع سرعات الرياح المناسبة للإنتاج على طول ساحل البحر الأحمر ممثلة في مدينة رأس غارب التي تصل فيها سرعات الرياح إلى ١٣ متر / ثانية.

تعزيز قدرات التصنيع المحلى فى قطاع الطاقة المتجددة ، مع دعم الابتكار فى تكنولوجيات الطاقة المتجددة حيث يسهم فى تنافسية التكلفة والتنمية المستدامة.

توفير الحوافز وتعزيز تعبئة الموارد المحلية لتكنولوجيا الطاقة المتجددة، لتحسين أساليب تخزين الطاقة المتجددة، وخفض تكلفتها.

تطوير التقنيات الحديثة في مجال الطاقة المتجددة، من خلال التعاون الدولي والإفاد العلمي مع الدول المتقدمة في هذا القطاع للاستفادة من خبراتها، مع تنشيط حركة البحث في مجالات الطاقة المتجددة.

تطوير البنية الاساسية لقطاع الطاقة المتجددة لجذب استثمارات القطاع الخاصة مع التركيز على رفع الكفاءة الإنتاجية ، وتوفير فرص العمل بالمشروعات.

العمل على تغيير أنماط السلوك الاستهلاكي للأفراد والمؤسسات داخل الدولة ترشيدا لاستخدام الطاقة، من خلال تنمية مهارات الفنيين لتلافى عدم الكفاءة، والتوعية العامة للمستهلكين في المجتمع.

قائمة المراجع

أولا المراجع العربية: -

(١) إبراهيم عبد الله عبدالرؤف، الطاقة المتجددة والتنمية المستدامة: دراسة تحليلية وتطبيقية على الطاقة الشمسية في مصر، العدد ٥٤، مجلة البحوث القانونية والاقتصادية، كلية الحقوق، جامعة المنصورة،٢٠١٣.

(٢) أحمد إبراهيم عبد الحميد الشحات، نحو تعزيز استخدام الوقود الحيوي كأحد مصادر الطاقة المتجددة لتخفيف من أزمة الطاقة في مصر، رسالة ماجستير، كلية الاقتصاد والعلوم السياسية، جامعة القاهرة، ٢٠١٦.

(٣) أحمد محمد عبد الحميد مهينة، وآخرون، مصادر الطاقة الكهربائية المتاحة في مصر والعالم، مجلة العلوم البيئية، معهد الدراسات والبحوث البيئية، كلية التجارة، جامعة عين شمس، المجلد الثالث والأربعون، الجزء الأول، سبتمبر ٢٠١٨.

(٤) أسماء سمير محمد محمد، قياس دالة الطلب على الكهرباء في مصر في ضوء أهداف استراتيجية ٢٠٣٠، رسالة ماجيستير، كلية الاقتصاد والعلوم السياسية قسم الاقتصاد، جامعة القاهرة، ٢٠١٩.

(٥) حسام ثابت صدقي قابيل، الإشعاع الشمسي والرياح ودورهما في إنتاج الطاقة في صحراء مصر الشرقية- دراسة في مناح التطبيقي، رسالة ماجستير، كلية الآداب قسم جغرافيا، جامعة القاهرة، ٢٠١٧.

(٦) حمزة جعفر، آليات تمويل وتنمية مشاريع الطاقة المتجددة لتحقيق التنمية المستدامة في الجزائر، رسالة دكتوراه، كلية العلوم الاقتصادية والعلوم التجارية وعلوم التيسير، سنه ٢٠١٨/٢٠١٧.

(٧) خالد عبد الحميد محمد عمر، "اقتصاديات الطاقة الشمسية في مصر –دراسة مقارنة ودراسة قياسية"، رسالة دكتوراه، كلية التجارة، جامعة عين شمس، مايو ٢٠١٢.

(٨) ريهام محمد تركي أبو زهرة، تحديات دعم الطاقة في مصر وآليات الإصلاح، رسالة دكتوراه، كلية الحقوق، جامعة طنطا، ٢٠٢١م.

(٩) سحر أحمد حسن، الطاقة المتجددة بين الواقع والمأمول: خارطة الطريق Analysis Irina" Remap، المجلة العلمية للاقتصاد والتجارة، كلية التجارة –جامعة عين شمس، ٢٠٢٠.

(١٠) سوزان جلال عبد الشافي الكناني، الطاقة الشمسية وتحقيق التنمية المستدامة دراسة مقارنة مع التطبيق على مصر، رسالة دكتوراه، كلية الحقوق، جامعة المنصورة، ٢٠١٧.

(١١) على شريف عبد الوهاب وردة، دور مصادر الطاقة المتجددة في الحد من فجوة الطاقة الكهربائية في مصر: "رؤية اقتصادية "، مجلة الدراسات والبحوث التجارية، كلية التجارة، جامعة بنها، ٢٠١٥.

(١٢) فريدة كافي، الطاقات المتجددة بين تحديات الواقع ومأمول المستقبل التجربة الألمانية نموذجا، مجلة بحوث اقتصادية وعربية، الجمعية العربية للبحوث، ٢٠١٦.

(١٣) مدحت أبو النصر، التنمية المستدامة، المجموعة العربية للتدريب والنشر، القاهرة، ٢٠١٧، ص ٨١.

(١٤) مرفت محمد عبد الوهاب، الطاقة المتجددة وإمكانية مواجهة تحديات الطاقة التقليدية وتعزيز دور مصر كسوق جاذبة لتجارة الكربون، المجلة العلمية لقطاع كليات التجارة، جامعة الأزهر، العدد السابع عشر، ٢٠١٧.

(١٥) محمد أيمن سعد الجوجرى، الطاقة المتجددة ودورها في حل أزمات الطاقة، دراسة مقارنه مع التطبيق على مصر، رسالة دكتوراه كلية الحقوق، جامعة المنصورة ،٢٠١٨.

(١٦) نجلاء صبحي خالد علام، الابتكار وتنافسية تكنولوجيات الطاقة المتجددة في مصر في إطار التنمية المستدامة من التجارب الدولية، معهد التخطيط القومي، ٢٠١٩.

التقارير والنشرات الإحصائية:

١. إحصاءات الطاقة المتجددة ٢٠٢٠، الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، (إيرينا)، أبو ظبي، ٢٠٢١.

٢. إدارة معلومات الطاقة الأمريكية، التكاليف المعيارية لموارد الجيل الجديد في التوقعات السنوية للطاقة ٢٠٢١.

٣. التقرير السنوي، الشركة القابضة لكهرباء مصر، ٢٠٢٠/٢٠١٩.

٤. تكلفة الكهرباء من تكنولوجيات الطاقة المتجددة في مصر، معهد فراونهوفر لأنظمة الطاقة الشمسية، ٢٠١٦.

٥. هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، مشروعات إنتاج الكهرباء من الخلايا الفوتوفلطية في بنبان، الدراسة الإستراتيجية لتقييم التأثيرات البيئية والاجتماعية، التقرير النهائي، فبراير ٢٠١٦.

٦. وزارة الطاقة والمعادن، تقرير السنوي، الاردن: وزارة الطاقة والمعادن، ٢٠١٨.

٧. وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة، التقرير السنوي لهيئة الطاقة الجديدة والمتجددة ٢٠١٨.

٨. تقرير الوكالة الدولية للطاقة المتجددة: "آفاق الطاقة المتجددة في مصر – الملخص التنفيذي"، استناداREmap ، أكتوبر٢٠١٨، ص ٤٨.

٩. معهد التخطيط القومي، "الطاقة المتجددة بين نتائج وابتكارات البحث العلمي والتطبيق الميداني في الريف المصري"، سلسلة قضايا التخطيط والتنمية رقم (٢٦٤) القاهرة، أبريل ٢٠١٦، ص ٥٧.

١٠. معهد التخطيط القومي، "تقرير حالة التنمية في مصر ٢٠١٨،"القاهرة، أبريل ٢٠١٩، ص ٥٦.

ثانيا :المراجع الأجنبية:

(1) Adnan Z. Amin, THE POWER TO CHANGE: SOLAR AND WIND COST REDUCTION POTENTIAL TO 2025, IRENA 2016, P73.

(2) Ahlborg, Helene & Hammar, Linus (2014). Drivers and barriers rural electrification in Tanzania and Mozambique, 61(3), 117-124.

(3) Al Lawati, Abbas, 29 June 2009, https://gulfnews.com/uae/environment/uae-to-host-irena-hq-1.73103., Checked on,10/10/2021.

(4) Ansari M.F., Kharb, R.K., Luthra, S., Shimmi, S.L., Chatterji, S. (2016). Analysis of barriers to implement solar power installations in India using interpretive structural modeling technique. Renew. Sustain. Energy Rev., 27, 163–174.

(5) Anzinger, N. and G. Kostka (2015), "Offshore wind power expansion in Germany: Scale, patterns and causes of time delays and cost overruns", Large Infrastructure Projects in Germany: Between Ambition and Realities, Working Paper 4, Hertie School of Governance, Berlin, www.hertie-school.org/fileadmin/2_Research/2_Research_directory/Research_projects/Large_infrastructure_projects_in_Germany_Between_ambition_and_realities/4_WP_Offshore_Wind_Energy.pdf.

(6) Berkeley National Laboratory, Berkeley, (2020), https://emp.lbl.gov/utility-scale-solar

(7) Bolinger, M. and S. Weaver (2014) Utility-scale solar 2013: An empirical analysis of project cost, performance and

pricing trends in the United States, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, https://emp.lbl.gov/publications/utility-scale-solar2013-empirical.

(8) Carbon Tracker, powering down coal: Navigating the economic and financial risks in the last years of coal power, Carbon Tracker, London, (2018).

(9) El-Fekey, Sherine F. (2015). Individual and Organizational Barriers Impeding the Establishment of Learning Organizations: An Application on the Egyptian Banking Sector. International Journal of Business and Social Science.

(10) Global Data (2021), Wind Power Sector, Generation and Markets Database, Global Data, London.

(11) Gylling Mortensen, Niels (2006): Wind atlas for Egypt. Measurements and modelling 1991-2005. [1. oplag]. Cairo, Roskilde: New and Renewable Energy Authority; Egyptian Meteorological Authority; Risø National Laboratory, P 5.

(12) Halabi, M.A., Al-qattan, A., Al-otaibi A. (2015). Application of solar energy in the oil industry: Status and prospects. Renew. Sustain. Energy Rev., 43, 296–314.

(13) Nurdin, Nurdin., Stockdale, Rosemary. & Scheepers, Helana, (2011). Understanding Organizational Barriers Influencing Local Electronic Government Adoption and Implementation: The Electronic Government Implementation Framework. Theoretical and Applied Electronic Commerce Research, 6(3), 13-27.

(14) Ohunakin, O.S., Adaramola, M.S., Oyewola, O.M., Fagbenle, R.O. (2014). Solar energy applications and development in Nigeria: Drivers and barriers. Renew. Sustain. Energy Rev, 32, 294–301.

(15) Raza, W., Saula, H., Islam, S.U., Ayub, M., Saleem, M., Raza, N. (2015). Renewable energy resources: Status and barriers in their adaptation for Pakistan. J. Bioprocess. Chem. Eng, 3(3), 1–9.

(16) Seetharaman, Moorthym, K. Patwa, N. Saravanan. and Gupt, Y. (2019). Breaking barriers in deployment of renewable energy. Heliyon Journal,

(17) Stokes, L.C. (2013). The politics of renewable energy policies: The case of feed-in tariffs in Ontario, Canada. Energy Policy, 56, 490–500.

(18) Sum, P., Nie, P. (2015). A comparative study of feed-in tariff and renewable portfolio standard policy in renewable energy industry. Renew. Energy, 7(2), 255–262.

(19) Wirth, Harry (April 2016): Recent Facts about Photovoltaics in Germany. Germany. Fraunhofer ISE. Available online at https://www.ise.fraunhofer.de/en/publications/veroeffentlichungen-pdf-dateien-en/studien-und-konzeptpapiere/recent-facts-about-photovoltaics-ingermany .pdf, checked on 5/2/2022.

(20) World Bank Commodities (2015): World Bank Commodities Price Forecast. (Nominal US dollars). World Bank. Available online at http:// www.worldbank.org/content/dam/Worldbank/GEP/GEPcommodities/Price_Forecast_20150722.pdf , checked on 6/2/2022.

(21) www.iea.org/statistics/statisticscearch/report/?year=2015&country=Egypt&product=Natura I Gas.