التوجهات العالمية للانتقال الى الطاقة المتجددة: الدوافع والتحديات

Global Trends for the Transition to Renewable Energy: Motives and Challenges.

إعداد الباحث / محمد سمير عبد الرؤوف

تحت إشراف

أ.د / حسني حسن مهران
أستاذ الاقتصاد وعميد كلية التجارة الأسبق- جامعة بنها

د / أماني أحمد مختار
مدرس الاقتصاد- كلية السياسة والاقتصاد - جامعة السويس

الملخص

تتناول الدراسة أهمية الدور الذي يقوم به قطاع الطاقة النظيفة والمتجددة كأهم القطاعات التي تقود عملية التنمية المستدامة، فى ظل تزايد الاستهلاك والطلب على الطاقة عبر العالم، وبالتالي ضرورة تأمين الامداد الطاقوي النظيف اللازم لمواجهة هذا التزايد في الطلب. واستخدمت الدراسة المنهج التحليلي والاستنباطي لتحقيق أهداف الدراسه. وتوصلت الدراسة الى أن استخدام الطاقات المتجددة هو أفضل خيار من أجل توفير إمداد الطاقة وتحقيق الأمن الطاقوى والذي برزت أهميته في ظل الوباء العالمي، وكذلك مشاركة الطاقة المتجددة في تحقيق أهداف التنمية المستدامة، ودورها الإيجابي في القضاء على البطالة، وحصول الجميع بتكلفة ميسورة على خدمات الطاقة الحديثة الموثوقة والمستدامة بحلول عام ٢٠٣٠، والحد من التغير المناخي، ولا سيما انه من الصعب تحديد الأضرار والتكاليف غير المباشرة الأخرى الناتجة عن انبعاثات ثاني اكسيد الكربون وغاز الميثان والغازات الدفيئة والتي تعرف بالبصمة البيئية، وضرورة مشاركة مصر في سلاسل الامداد العالمية لما تتمتع به من إمكانات هائلة تمكنها من دخول سوق استثمارات الطاقة المتجددة.

الكلمات المفتاحية: الطاقة، الطاقة المتجددة، التنمية، الاستثمارات، التوجهات العالمية.

Abstract

This paper investigates the role of the clean and renewable energy sector and its importance, considering it as the most significant sector of energy that has leads the process of sustainable development, in light of the increasing consumption and demand for energy across the world., and Therefore, the study highlights the need to secure the clean energy sources which are necessary to meet this increase in demand. The study depends on deductive approach to achieve the objectives of the study through analytical steps of the date collected. The study concluded that the use of renewable energies is the finest option in order to provide energy sources and achieve energy security. The study also draws attention to the importance of renewable energy, in light of the global epidemic, as well as the participation of renewable energy in achieving the sustainable development goals, its positive role in eliminating unemployment, and the access to energy services at an affordable cost by 2030. The emissions of carbon dioxide, methane and greenhouse gases, which are known as the ecological footprint, and climate change, cause indirect costs, especially since it is difficult to determine their damages. Thus, the need for Egypt to participate in global supply chains due to its potential becomes vital in enabling it to enter the renewable energy investment market.

Keywords: energy, renewable energy, development, investments, global trends.

مقدمة:

يحتاج تحقيق التنمية سواء كانت اقتصادية أو مستدامة إلي توفر خدمات الطاقة بالشكل الكافي، فهناك علاقة صريحة بين النمو الاقتصادي وزيادة استهلاك الطاقة أوالعكس طبقا لأربع فرضيات اقتصادية : فرضية النمو، وفرضية التأثير العكسي، وفرضية الحفاظ، وفرضية الحياد[١]، ونظرا لهيكل الطاقة السائد في العالم والمعتمد علي الوقود الأُحفوري في تلبية الطلب العالمي المتزايد علي الطاقة، حيث تشير التوقعات إلى أن احتياجات العالم من الطاقة ستزيد بنسبة حوالى ٣٠% بحلول عام ٢٠٤٠ مقارنة بالعام ٢٠١٩. أصبح مصدر الطاقة التقليدية مهدداً بالنضوب خلال عقود قليلة قادمة مما سيخلق أزمة غيرمُستحبة[٢].

وقد أوجب الاهتمام العالمي بأهداف التنمية المستدامة والنقاش الجيوسياسي حول الحد من استخدام الوقود الأُحفوري المجتمع الدولي وصانعي السياسات إلى تغيير سياسة الطاقة السائدة والعمل علي التنويع الفعلي لموارد الطاقة، مما أدى إلى تسريع أهمية استخدام الطاقة المتجددة كخيار قابل للتطبيق للنمو الاقتصادي الشامل والذي يحافظ على البيئة وحق الأجيال القادمة في الحصول على الطاقة سواء كانت تقليدية أو متجددة [٣].

مشكلة الدراسة :

تكمن مشكلة الدراسة في طبيعة السياسات الاستهلاكية والإدارية للطاقة الحالية، مما أدى إلى إبطاء عملية التنمية المستدامة نتيجة لإستنزاف رأس المال (المادي و الطبيعي)، وزيادة انبعاثات الغازات الضارة والدفيئة[٤]، ويمكن لبعض مصادر الطاقة المتجددة أن تتنافس بالفعل مع الوقود الأُحفوري حيث أن ميزة التكلفة المنخفضة للوقود الأُحفوري على مصادر الطاقة المتجددة قد تناقصت في السنوات الأخيرة، خاصة عند حساب التكاليف الخارجية للوقود الأُحفوري، وتتمحور **إشكالية البحث** حول الإجابة على التساؤلات التالية :

١- هل يمكن أن تلبي مصادر الطاقة المتجددة الطلب المتزايد بشكل كبير على الطاقة في ظل التحديات الحالية والتوجهات نحو تحقيق اهداف التنمية المستدامة ؟

٢- هل يؤثر انخفاض تكلفة الوقود الأُحفوري على نسبة الزيادة السنوية في استثمارات الطاقة المتجددة ؟

أهمية الدراسة:

تركز الخطوط العريضة لهذه الدراسة للتعرف على قدرة موارد الطاقة المتجددة على تلبية الطلبات العالمية المتزايدة لإنتاج الطاقة، دون المساس بالبيئة والنمو الاقتصادي حيث انها لا ينبعث منها ملوثات ولا تستنفد على عكس الوقود الأُحفوري، وتعمل على تحقيق الأمن المائي، وتحقيق فائض في الطاقات التقليدية بما يساهم في معادلة الميزان التجاري، عن طريق زيادة الصادرات وتقليل واردات الطاقة[٥]. بالإضافة الى التعرف على أهم الدوافع والتحديات التي واجهت الاعتماد على الطاقة المتجددة، للوقوف على أهم السياسات والمزيج التمويلي الأنسب للنهوض بقطاع الطاقة المتجددة.

وتتمثل أهداف الدراسة في:

١- معرفة مدى قدرة مصادر الطاقة المتجددة على تلبية الطلب على الطاقة.

٢- تحديد أفضل مزيج من السياسات وأساليب التمويل المُثلى في هذا المجال.

فرضية الدراسة : من أجل معالجة إشكالية الدراسة يقوم الباحث باختبار الفرضيات :

١- تشارك مصادر الطاقة المتجددة في تلبية الطلب العالمي المتزايد على الطاقة.

٢- تؤثر انخفاض تكلفة الوقود الأُحفوري على زيادة المنافسة في استثمارات الطاقة المتجددة.

منهج الدراسة: استخدم الباحث المنهجين التحليلي والاستنباطي لتحقيق أهداف الدراسه من خلال دراسة الأدبيات الاقتصادية السابقة والاستفادة منها وإبداء رأي الباحث وتوصياته.

الدراسات والأدبيات السابقه :

١. دراسة محسن فايز القمص، "اقتصاديات استخدام طاقة الحرارة الأرضية ودورها في التنمية"، رسالة ماجستير، معهد الدراسات والبحوث البيئية، جامعة عين شمس، القاهرة، ٢٠٠٧. ركز الباحث على اقتصاديات استخدام طاقة الحرارة

الأرضية حيث وضح الأبعاد الاقتصادية و البيئية و الاجتماعية لتلك الطاقة ومكانتها في مصر. واستخدم الباحث الأسلوب الوصفي التحليلي، وقد أوصى الباحث بوجوب أن تهتم المراكز البحثية المتخصصة بعمليات الاستكشاف والتنقيب عن مصادر طاقة الحرارة الأرضية.

٢. دراسة فرح الصديق احمد، "اقتصاديات الطاقات الجديدة والمتجددة بالتركيز على تجربة السودان"، رسالة ماجستير، جامعة النيلين، الخرطوم، ٢٠٠٧. استهدفت الدراسة مشكلة أزمة الطاقة واعتماد الإنسان كلية على الطاقات التقليدية، واستخدمت الباحثة الأسلوب الاستقرائي، واقترحت الباحثة ضرورة إنشاء آليات للتمويل تُمكّن أصحاب الأعمال الصغيرة و الأسر من الحصول على أجهزة جديدة و كذلك وجوب تطوير و دعم مؤسسات البحوث ذات الصلة بقضايا الطاقة المعاصرة.

3. unatilake, Herath, Pohit and Guntur Surgiyarto, " Economy Wide Impact of Biodiesel Production and Use in India", A Computable General Equilibrium Model Assessment, Asian Development Bank, No.4, May 2011. وهدفت الدراسة إلى معرفة الآثار المترتبة على التوسع في إنتاج وقود الديزل الحيوي باستخدام الأراضي الضحلة لزراعة بذور النباتات الزيتية الغير صالحة للأكل، وذلك باستخدام نموذج التوازن العام، وتوصلت الدراسة الى أن التوسع في انتاج وقود الديزل الحيوي يعمل على زيادة الرفاهية للأسرة وقطاعات أخرى من الاقتصاد، وتوليد الدخل في المناطق الريفية بالإضافة الى أن توافر الديزل الحيوي يعمل على تحسين الطاقة و النمو الشامل.

4. Joern Huenteler, Christian Niebuhr, Tobias S. Schmidt, The effect of local and global learning on the cost of renewable energy in developing countries, Journal of Cleaner Production, Volume 128, 2016. وضح الباحث أثر الاستثمار في التعلم التكنولوجي في تايلاند على تكلفة استخدام الطاقة المتجددة، وقد توصل

الباحث باستخدام المنهج التحليلي الكمي، إلى أن التعلم التكنولوجي وبناء القدرات التكنولوجية المحلية يقلل من تكلفة انتاج الكهرباء المتجددة في المستقبل لدرجه تمكنّها من منافسة الانتاج عن طريق الوقود الأُحفوري، وذلك بشرط توافر العمالة الماهرة والإطار التنظيمي المستقر.

5- دراسه راضي عبد الجواد ومصباح شرف،" العلاقة بين استهلاك أنواع الطاقة والنمو الاقتصادي في مصر: دراسة قياسية باستخدام تحليل السببية مع تحديد التغيرات الهيكلية في الفترة ١٩٨٠ – ٢٠١٢"، مجلة البحوث التجارية المعاصرة، العدد ٥٧، مجلد ٣١، ٢٠١٩. هدفت الدراسة الى تحليل وقياس العلاقة السببية بين استهلاك الطاقة الاجمالى والنمو الاقتصادي في مصر خلال الفترة من ١٩٨٠ الى ٢٠١٢، واستخدمت الدراسة نموذج متعدد المتغيرات، واتبعت في بحث العلاقة بين المتغيرين اختبار غرانجر للسببية، وتوصلت الدراسة الى عدم وجود علاقة سببية بين اجمالى استهلاك الطاقة و النمو الاقتصادي، ايضا توصلت الى وجود علاقة سببية احادية الاتجاه تمتد من النمو الاقتصادي الى استهلاك النفط والكهرباء.

وتعتبر الدراسة الحالية مكملة للدراسات السابقة وتختلف عنها في المدى الزمني الحديث.

خطة الدراسة : من أجل تحقيق أهداف الدراسة واختبار فرضياتها، فإنها سوف تنقسم إلى قسمين، يتناول فيه القسم الأول الإطار المفاهيمي للطاقة المتجددة، ويختص القسم الثاني بتوضيح أهم دوافع استغلال الطاقة المتجددة عالميا، وكذلك أهم التحديات التى تواجه نمو الاستثمارات في الطاقة المتجددة، واخيرا نتائج الدراسة والتوصيات.

القسم الأول : الإطار المفاهيمى للطاقة المتجددة والتنمية المستدامة.

أولا: الطاقة المتجددة واهميتها.

١- مفهوم الطاقة المتجددة: تعرّف الوكالة الدولية للطاقة (IEA) الطاقة المتجددة بأنها "الطاقة المشتقة من العمليات الطبيعية التي يتم تجديدها بمعدل أسرع من استهلاكها"،وتذكرمنها الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الحرارية الأرضية والطاقة المائية والكتلة الحيوية والمد والجزر كأمثلة على الطاقة المتجددة.

وتعرفها الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيير المناخ (IPCC) بأنها الطاقة التي تستخرج من الطبيعة سواء في شكل بيولوجي أو فيزيائي وتكون على هيئة تيارات متتابعه بحيث أنها تتجدد أسرع من استهلاكها، مثل طاقة الرياح والمد والجزر والطاقة الشمسية بأنواعها وطاقة الكتلة الحيوية وطاقة حركه المياه(٦).

٢- مراحل تطور الطاقة المتجددة: مع تطور الاقتصادات إلى نحو أكثر تعقيدًا، ازداد الاحتياج للطاقة بشكل كبير، حيث ثبت أن إمدادات الحطب وطاقة الكتلة الحيوية الأخرى غير كافية لدعم الاقتصادات النامية في أوروبا والولايات المتحدة، فتحول الناس إلى الفحم خلال القرن التاسع عشر، ثم إلى النفط والغاز الطبيعي خلال القرن العشرين، وفي الخمسينيات من القرن الماضي تم إدخال الطاقة النووية في مزيج الطاقة (٧).

٣- مصادر الطاقة المتجددة: تعتبر امدادات الطاقة المتجددة غير محدودة، حيث يتم تجديدها باستمرار من خلال العمليات الطبيعية. ويكفي الإمداد اليومي من الطاقة الشمسية في ظل الظروف المناسبة نظريًا لتلبية جميع احتياجات الطاقة البشرية لمدة عام كامل، لكن يختلف توافرها باختلاف المكان والزمان. على سبيل المثال، تبلغ إمكانات الطاقة الشمسية أعلى مستوياتها في جنوب غرب الولايات المتحدة وشمال إفريقيا والشرق الأوسط وأجزاء من أستراليا وأمريكا الجنوبية، وتتوفر الطاقة الحرارية الأرضية في بلدان مثل أيسلندا والفلبين. وتحتوي كل منطقة في العالم على بعض موارد الطاقة المتجددة(٨). وتتنوع مصادر الطاقة المتجددة على النحو الاتي :

3\1- الطاقة الكهرومائية: تعد الطاقة المائية هي أكبر مصدر للكهرباء المتجددة في العالم، حيث تولد حوالي ٢.٥% من اجمالى الطاقة العالمية في عام ٢٠١٩. وغالبًا ما تكون أرخص من الوقود الأُحفوري، وتتميز أفضل مواقع الطاقة الكهرومائية بموقع مرتفع وتدفق من اعلى (مثل شلالات نياجرا). حيث توفر هذه المواقع كمية كبيرة من الكهرباء بتكلفة منخفضة نسبيًا (٩). وقد زاد توليد الطاقة الكهرومائية بمقدار ١٢٤ تيراوات ساعة في عام ٢٠٢٠، حيث وصل إلى ٤٤١٨ تيراوات ساعة، مما أدى إلى توليد قدرة أعلى من جميع التقنيات المتجددة الأخرى مجتمعة.

3\2- الطاقة الشمسية: تأتي الطاقة الشمسية في ثلاثة أشكال أساسية:

أ- الطاقة الحرارية الشمسية ذات درجة الحرارة المنخفضة: وتشمل تسخين المياه بالطاقة الشمسية والتدفئة. حيث تضرب أشعة الشمس الأسطح، وتساعد الطبقة الواقية من الزجاج على الاحتفاظ بالحرارة الملتقطة والذي بدوره يسخن الهواء أو الماء. ويمكن تخزين الحرارة الشمسية في مواد عالية الكتلة مثل الماء أو الحجر(١٠). وتتطلب أنظمة التسخين الشمسية بعض مصادر الحرارة التكميلية، لأن التكلفة الحدية لتجميع الطاقة الشمسية في الشتاء مرتفعة للغاية، ويضاف التسخين الإضافي إلى تكلفة أنظمة التدفئة الشمسية(١١).

ب-الطاقة الشمسية الكهروضوئية: وتتمثل في استخدام الطاقة الشمسية لإنتاج الكهرباء بدلاً من الحرارة، حيث تستخدم الخلايا الكهروضوئية مادة شبه موصلة لتوليد تيار من الكهرباء عند اصطدامها بأشعة الشمس(١٢). وتعد الخلايا الكهروضوئية الشمسية مصدر الكهرباء الأسرع نموًا في عام ٢٠٢٠، حيث تمت إضافة حوالي ١٣٩ جيجاوات من السعة العالمية، ليصل الإجمالي إلى حوالي ٧٦٠ جيجاوات، وإنتاج ما يقرب من ٣ في المائة من الكهرباء في العالم. وانخفضت تكاليف الطاقة الشمسية الكهروضوئية بشكل كبير في الآونة الاخيره، ومن المتوقع أن تنخفض أكثر في الفترة القادمة لتنافس الوقود الأُحفوري.

ج- الطاقة الشمسية ذات درجة الحرارة العالية أو المركزة: حيث تتركز أشعة الشمس بواسطة جامع عاكس. ويتم توجيه ضوء الشمس المركز إلى نقطة حيث يتم امتصاص الطاقة وتمريرها إلى وسيط للنقل مثل الزيت، ثم يصنع الزيت عالي الحرارة بخارًا لتوليد الكهرباء في التوربينات التقليدية(١٣). وقد نمت القدرة العالمية للطاقة الشمسية المركزة بنسبة ١.٦ في المائة فقط في عام ٢٠٢٠ إلى ٦.٢ جيجاوات.

3/3-طاقة الرياح البرية:تتطلب مزرعة الرياح التي تضم عشرات التوربينات آلاف الأفدنة من الأراضي في أفضل المواقع، يقترب إنتاج الكهرباء الحديثة بواسطة الرياح من التكافؤ في التكلفة مع مصادر مثل الفحم والطاقة النووية، ولكن هناك فرق كبير بين تكلفة طاقة الرياح في أفضل المواقع وفي المواقع الأقل ملاءمة(١٤).كما أنتجت طاقة

الرياح البرية أكثر من ٦ في المائة من الكهرباء العالمية في عام ٢٠٢٠بقدرة عالمية تبلغ ٧٤٣ جيجاوات [١٥].

3\4- طاقة الرياح البحرية: تعد الرياح البحرية أقوى وأكثر ثباتًا من الرياح البرية. ولكن تطوير طاقة الرياح البحرية أكثر تكلفة من تطوير طاقة الرياح البرية، حيث يعد تثبيت الأبراج في قاع البحر أحد النفقات الهامة التي تزداد كلما زاد عمق المياه، يجب ايضا توسيع البنية التحتية للشبكة تحت سطح البحر لالتقاط الطاقة المتولدة من التوربينات البحرية، كما أن الصيانة وبناء التوربينات لتحمل البيئة البحرية القاسية أغلى ثمناً [١٦].

3\5- طاقة الكتلة الحيوية: وتشمل الأخشاب والمحاصيل والمخلفات النباتية والمخلفات الحيوانية. ويمكن الاستفادة منها في الحصول علي الكهرباء بعدة طرق منها:الحرق المباشر او غير المباشر، وعن طريق التخمر اللاهوائي، عن طريق التقطير، واخيرا الاسمدة الكيمياوية، وتحويل الكتلة الحيوية إلى وقود مثل الإيثانول والميثانول، وبعض المحاصيل التى تنتج زيتًا نباتيًا، وايضا يتولد غاز الميثان عندما تتحلل الكتلة الحيوية لا هوائيًا، وهو المكون الرئيسي للغاز الطبيعي[١٧]. وفي عام ٢٠٢٠، بلغت قدرة الطاقة الكهربائية للكتلة الحيوية العالمية ١٤٥ جيجاوات، بزيادة ٥.٨ بالمائة عن العام السابق.

3\6-الطاقة النووية: هي الطاقة الناتجة من انشطار النواه الذرية بحيث تتولد كميه حرارة هائلة يمكن استخدامها في تكوين البخار المحرك للسفن والغواصات وكذلك تستخدم في توليد الكهرباء[١٨]. وتوفر الطاقة النووية حاليًا حوالي ٦% من طاقة العالم و ١٤% من كهرباء العالم من حوالي ٤٤٠ مفاعل حول العالم. والطاقة النووية هي ثاني أكبر مصدر للطاقة منخفضة الكربون في العالم. لكن العوامل الخارجية الأكثر أهمية لها هي مخاطر وقوع حوادث الانفجارات، وتخزين النفايات النووية على المدى الطويل حيث يصعب تقدير هذه الآثار من الناحية النقدية [١٩].

3\7- طاقة المد والجزر: تتولد طاقة المد والجزر في الواقع عن طريق النشاط القمري بدلاً من الطاقة الشمسية، وتتمثل إحدى طرق تسخير طاقة المد والجزر المثلى في بناء سد حيث يمكن أن يتدفق الماء في كلا الاتجاهين، فتتولد الطاقة [٢٠].

3\8- الطاقة الحرارية الأرضية: وتشير إلى عدد من التقنيات المختلفة، حيث تزداد درجة حرارة الأرض بشكل طردي مع زيادة العمق، ويصبح قلب الأرض في الواقع منصهرًا. ويمكن أيضًا تطبيق مصطلح "الطاقة الحرارية الأرضية" على نظام يستخدم مضخات حرارة المياه الجوفية. حيث يتم تدوير المياه عبر الأرض عند درجات حرارة منخفضة جدًا لتسخين المباني بشكل مباشر، عادةً حوالي ٥٠ درجة فهرنهايت، قدمت الطاقة الحرارية الأرضية ما يقدر بـ ٢٢٥ تيراوات ساعة على مستوى العالم في عام ٢٠٢٠، مع ٩٧ تيراوات ساعة على شكل كهرباء (بسعة تقدر بـ ١٤.١ جيجاوات) والمتبقي في شكل حرارة.

3\9- الهيدروجين الاخضر: يمكن استخدام الهيدروجين الأخضر كمادة وسيطة لإنتاج المواد الكيميائية والوقود أو مباشرة كوقود. فالهيدروجين ليس مصدرا للطاقة ولكنه ناقل للطاقة، ويجب إنتاجه وتخزينه قبل الاستخدام. حيث يمكن استعادة الطاقة التى خزنها بعدة طرق: **أ- الاحتراق** : ينتج عن احتراق كيلو واحد من الهيدروجين طاقة تزيد ثلاث مرات عن كيلو البنزين ويكون ناتج عملية الاحتراق الماء فقط. **ب- خلية الوقود**: هي خلية كهروكيميائية تقوم بتحويل الطاقة الكيميائية للهيدروجين والأكسجين إلى كهرباء من خلال زوج من تفاعلات الأكسدة والاختزال ويكون ناتج عمليه التفاعل هو الماء والوقود، حيث يمكن للخلايا إنتاج الكهرباء بشكل مستمر طالما يتم توفير الهيدروجين والأكسجين[٢١].

زادت **القدرات المركبة للطاقة المتجددة** والتى تشارك بها في الاستهلاك النهائي العالمي للطاقة بنسبة وصلت الى ١٣.٤٦% عند احتساب الطاقة الكهرومائية والكتلة الحيوية والطاقة المتجددة الاخرى، حيث استمر النفط في احتلال الحصة الأكبر من مزيج الطاقة ٣١.٢% ويعتبر الفحم ثاني أكبر وقود في عام ٢٠٢٠، حيث يمثل ٢٧.٢٪ من إجمالي استهلاك الطاقة الأولية، وارتفعت حصة كل من الغاز الطبيعي والطاقة المتجددة لتسجل ارتفاعات بلغت ٢٤.٧٪ و٥.٧٪ على التوالي. وتجاوزت الطاقة المتجددة الطاقة النووية التي تشكل ٤.٣٪ فقط من مزيج الطاقة. زادت حصة الطاقة المائية لتصل إلى ٦.٩٪، وهي أول زيادة منذ عام ٢٠١٤[٢٢].

جدول ١-١ تطور مشاركة الوقود الأُحفوري والطاقة المتجددة في مزيج الطاقة العالمي بالاكساجول:

نوع الوقود المستخدم / السنة	٢٠١٩	النسبة المئوية	٢٠٢٠	النسبة المئوية
النفط	191.89	32.99 %	174.20	31.26 %
الغاز الطبيعي	140.54	24.16 %	137.62	24.70 %
الفحم	157.64	27.10 %	151.42	27.18 %
الطاقة النووية	24.93	04.28 %	23.98	04.30 %
الطاقة الكهرومائية	37.69	06.48 %	38.16	06.84 %
الطاقة المتجددة	28.82	04.95 %	31.71	05.69 %
إجمالي الطاقة المنتجة	581.51	100.00 %	557.10	100.00%

جدول (١-١) المصدر : إعداد الباحث بالاستعانة بإحصائيات شركة the British Petroleum من خلال الرابط :
https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html

بينما زادت نسبة مشاركة الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة العالمية من الفترة ٢٠١٠ الى ٢٠٢٠ بنسبة ٤.٦٥ %، لتصل الى ١٣.٥% من إجمالي مزيج الطاقة العالمي تقريبا كما هو موضح بجدول ١-٢ وشكل ١-١ :

جدول (١-٢) مشاركة الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة العالمية.

مصدر الطاقة / السنة	٢٠١٠	٢٠١٢	٢٠١٤	٢٠١٦	٢٠١٨	٢٠٢٠	مقدار الزيادة بالاكساجو
الطاقة الكهرومائية	٣٤٢٩	٣٦٤٢	٣٨٨٩	٤٠١٢	٤١٨٣	٤٣٤٦	٩١٧
طاقة الرياح	٣٤٦	٥٣٠	٧٠٦	٩٦٢	١٢٧٠	١٥٩٦	١٢٥٠
الطاقة الشمسية	٣٤	١٠٢	١٩٦	٣٢٨	٥٧٦	٨٤٦	٨١٢
طاقة متجددة أخرى[٢٣]	٣٨١	٤٣٦	٥١٠	٥٦٠	٦٤٣	٧٠٤	٣٢٣
الإجمالي	٤١٩٠	٤٧١٠	٥٣٠١	٥٨٦٢	٦٦٧٢	٧٤٩٣	٣٣٠٣

جدول(١-٢) الأرقام بالتيراوات. ساعة إعداد الباحث بالاستعانة بالموقع الالكتروني [24].

شكل (١-١) مشاركة الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة العالمي في الفترة من ٢٠١٠-٢٠٢٠. [٢٥]

ومن خلال بيانات الجدول السابق يتضح أن أكبر نسبة مشاركة لمصادر الطاقة المتجددة في المزيج العالمي للطاقة كانت من نصيب طاقة الرياح بمقدار١٢٥٠ اكساجول، وذلك نتيجة لاعتماد الحكومات على طاقة الرياح لتوافرها وانخفاض تكاليف انشائها نتيجة للتطور التكنولوجي.

ونظرًا لأن مصادر الطاقة المتجددة أصبحت استثمارًا مقنعًا، فقد زادت معدلات النمو في **استثمارات الطاقة المتجددة،** بعد أن كانت ٢٣٩.٩ مليار دولار عام ٢٠١٠، ارتفعت الى ٢٨٥.٩ مليار دولار عام ٢٠١٥، الى ان وصلت الى ٥٠١ مليار دولار عام ٢٠٢٠. وهى اعلى معدل للاستثمارات خاصة في ظل انخفاض اسعار الوقود الأُحفوري مما يلغي **العلاقة التى تربط الوقود الأُحفوري بالتطورات في استثمارات الطاقة المتجددة عالميا**.

ومع ذلك، لا تزال الاستثمارات المتجددة أقل من إمكاناتها. إن زيادة الاستثمار في الطاقة المتجددة، على أساس أطر وسياسات تمكينية سليمة، أمر بالغ الأهمية لتسريع التحول العالمي للطاقة وجني فوائده العديدة، مع تحقيق أهداف المناخ والتنمية.

٤- الانتاج العالمي للكهرباء من الطاقة المتجددة: انخفض الاعتماد العالمي على الوقود الأُحفوري في مزيج الطاقة، بعد أن كان ٦٧.١٨% عام ٢٠١٠، أصبح ٦١.٥٤ %عام

٢٠٢٠ وكان هذا الانخفاض في صالح مساهمة الطاقة المتجددة في المزيج العالمي لاستهلاك الطاقة فزادت من ١٩.٩٨% تقريبا الى ٢٨.٢٣% ومن المتوقع زيادة مشاركتها في الفترة القادمة طبقا لاتفاقية باريس بشأن التغير المناخي [٢٦].

٥- التكلفة المقارنة للطاقة المتجددة عالميا : انخفضت تكاليف انتاج الكهرباء من الطاقة الكهروضوئية وكذلك انخفضت الطاقة الشمسية المركزة من ٠.٣٦ دولار لكل كيلو وات ساعة عام ٢٠١٠ لتصل الى ٠.١١ دولار لكل كيلو وات ساعة عام ٢٠٢٠، وكذلك انخفضت طاقة الرياح البرية بمقدار ٠.٠٦ دولار لكل كيلو وات ساعة والكتلة الحيوية بمقدار ٠.٠١ دولار لكل كيلو وات ساعة، وكانت صاحبة أعلى نسبة في انخفاض تكلفتها هى الطاقة الكهروضوئية فانخفضت من ٠.٤٢ دولار لكل كيلو وات ساعه الى ٠.٠٦ دولار فقط وذلك بين عامي ٢٠١٠ و ٢٠٢٠ على الترتيب. وهذا يدل على زيادة التوجه العالمي للطاقة المتجددة وانخفاض التكاليف الرأسمالية المرتبطة بها نتيجة لتطور التكنولوجيا المستخدمة، بينما لم يكن هناك تغير ملحوظ في طاقة الرياح البحرية، بل زادت التكلفة المقارنة الخاصة بالطاقة الكهرومائية ٠.٠١ دولار لكل كيلو وات ساعه نظرا لارتفاع تكاليف المعدات البحرية و ارتفاع نسبة المخاطر المرتبطة بها.

جدول (١- ٣) التكلفة المقارنة لإنتاج الطاقة المتجددة عالميا.

مصدر الطاقة /السنة	٢٠١٠	٢٠١٢	٢٠١٤	٢٠١٦	٢٠١٨	٢٠٢٠	الفرق
الشمسية المركزة	0.36	0.34	0.22	0.25	0.15	0.11	(٠.٢٥)
الخلايا الكهروضونية	0.42	0.23	0.16	0.11	0.07	0.06	(٠.٣٦)
الرياح البحرية	0.19	0.17	0.17	0.12	0.10	0.09	(٠.١٠)
الرياح البرية	0.10	0.09	0.08	0.06	0.05	0.04	(٠.٠٦)
الكتلة الحيوية	0.08	0.06	0.08	0.07	0.07	0.07	(٠.٠١)
الحرارية الارضية	0.05	0.09	0.07	0.07	0.06	0.05	٠
الكهرومائية	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.05	٠.٠١

المصدر : إعداد الباحث بالاستعانة ببيانات . International Renewable Energy Agency (IRENA), 2021

والارقام بين القوسين تعبر عن قيم سالبة.

٦- سياسات الطاقة المتجددة:

أ- **سياسة تعريفة التغذية**: هي بمثابة عقد بين مرفقة الكهرباء ومنتجي الكهرباء من الطاقة المتجددة يلتزم فيه المرفق بدفع مبلغ معين لمدة معينه تصل الى ٢٠ عاما لمنتج الكهرباء مع ضمان اولوية الوصول الى الشبكة ومراعاة التكنولوجيا المستخدمة ونوع مصدر الطاقة [٢٧]، وتستخدم تعريفة التغذية غالبا في الدول الناشئة في مجال الطاقة المتجددة وعلى التكنولوجيات الاقل حجما من ٠.٥ ميجا وات الى ١ ميجا وات.

ب- سياسة الحصص الملزمة: وفيه تشترط الحكومة على منتجي الكهرباء انتاج نسبة مئوية معينة من الكهرباء من الطاقة المتجددة و فيها يتم اصدار شهادات خضراء لمن لم يتمكن من استيفاء الحصة المطلوبة منه، وبالتالي تمكنه الدولة من بيع الشهادات عند تحقيق فائض حتى تزيد المنافسه وتصل الى هدف النهوض بقطاع الطاقة المتجددة [٢٨].

ج- سياسة المناقصات التنافسية: وفيها تحدد الدولة قدرات معينة وفترات زمنيه محددة لانتاج الطاقة المتجددة وقبول اقل عرض في التكلفة والهدف منه إشراك القطاع الخاص وزيادة المنافسة في الاسعار والجداول الزمنية.

د- سياسة العروض المباشرة: وتختلف عن المناقصات التنافسية في ان المستثمر هو من يقوم بتحديد الفترة الزمنيه والتكاليف اللازمة لانتاج الكهرباء، بينما في المناقصات التنافسية الحكومة هي من تحددهم [٢٩].

ه- سياسات البحث والتطوير: وتشمل أيضا زيادة وعي المواتنين بأهمية الحفاظ على البيئة وتخصيص نسبة من الناتج المحلى الاجمالى لأغراض البحث، وتخصيص الضرائب على مشاريع الطاقة المتجددة وتقديم الحوافز والضمانات لجذب المستثمرين الاجانب والمحليين.

٧- دعم الوقود الأُحفوري:

يترتيب على دعم الوقود التقليدي تكاليف اقتصادية كبيرة على موازنة الدولة، والافراط في استهلاك الوقود الرخيص، ووصل دعم الطاقة الأُحفورية عالميا الى ٥.٥ تريليون دولار عام ٢٠١٩، كما انه لا يحقق عدالة اجتماعية بين طبقات المجتمع

المرجوة منه حيث يستغله ذو الدخول المرتفعة والتى تستهلك كميات اكبر بنفس السعر المقدم لذو الدخول الضعيفة والمتوسطة، كما ان الافراط في الاستهلاك يؤدي الى مشاكل بيئية واقتصادية كبيرة لمعالجة اثار التلوث الناجم واستهلاك الموارد الأُحفورية النادرة[٣٠]. والحل ليس في الغائه بشكل تدريجي او كلي فحسب انما توجيه الوفورات في الدعم نحو الاستثمارات في الطاقة المتجددة والتى بدورها تحقق أمن الطاقة وفائض في حقيبة استيراد المواد الأُحفورية.

وتمثلت **مصادر تمويل استثمارات الطاقة المتجددة** في القروض والسندات الخضراء، مثل بنك الاستثمار الأوروبي و بنك التنمية الالماني، بالاضافة الى التمويل الحكومي المشروط [٣١].

٨- دور الطاقة المتجددة في الحد من البطالة وتوفير فرص العمل: توفر مشاريع الطاقة المتجددة فرص عمل بما يعادل ثلاث اضعاف تلك التى توفرها الطاقة الأُحفورية، ويرجع ذلك الى كثافة عمليات التركيب والبناء والتشغيل والصيانات الدورية، وتوفر الطاقة المتجددة عالميا حوالى ٨.٢ مليون فرصة عمل بواقع ٧.٥ فرصة عمل لكل مليون في مشاريع الطاقة المتجددة [٣٢].

القسم الثاني : أهم دوافع استغلال الطاقة المتجددة عالميا وأهم التحديات التى تواجه نمو الاستثمارات في الطاقة المتجددة.

أولاً: دوافع الانتقال إلى الطاقة المتجددة عالمياً:

١- محدودية الوقود الأُحفوري: نظرا للطلب المتزايد والعرض المحدود، فمن المحتم أن تنفد إمدادات الفحم والنفط والغاز يومًا ما، وبالتالي، من المهم البحث عن مصادر طاقة بديلة [٣٣]. وبالتالي يكون الدافع الرئيسي لاستخدام الطاقة المتجددة هو تأمين إمدادات الطاقة وبالأخص الطاقة الكهربية، وتوفير وقود أحفوري للأجيال القادمة من مبدأ المساواة في الحقوق.

٢- قضية تغير المناخ: لقد أدى التهديد السائد المتمثل في الاحتباس الحراري وتغير المناخ إلى لفت الانتباه إلى العلاقة بين النموالاقتصادي واستهلاك الطاقة والتلوث البيئي. وقد بُذلت محاولات لتقليل حصة الانبعاثات في البيئة، بينما تم التركيز بشدة

على هذه القضية في عام ١٩٩٧، بموجب اتفاقيات بروتوكول كيوتو[٣٤].بعد أن كانت الانبعاثات الكربونية تقدر ب ٢٥.٥ مليار طن نفط مكافئ تقؤيبا عام ٢٠٠٠، وصلت الى٣٧ مليار طن نفط مكافئ عام ٢٠١٩، ونظرا للاغلاق التام بسبب وباء كورونا المستجد فقد انخفضت حدة الانبعاثات لتصل الى ٣٥.٢٦ مليار طن نفط مكافئ عام ٢٠٢٠، ولكن بدأت في الزيادة مرة أخرى في بدايات عام ٢٠٢١.

٣- انخفاض تكلفة الطاقة المتجددة بشكل حاد بالتوازي مع زيادة انتشارها: انخفضت تكاليف الطاقة الشمسية وطاقة الرياح بنسبة ٨٥% و٤٩% على التوالي منذ عقد مضى، وهذا يعني أنه من الممكن الآن جني الأرباح من مصادر الطاقة المتجددة. حيث جذبت الطاقة المتجددة أكثر من ٢.٦ تريليون دولار من الاستثمارات من عام ٢٠١٠ إلى عام ٢٠١٩، ويتوافق هذا مع ما يقدر بـ ١٢٠٠ تيراوات ساعة من قدرة الطاقة المتجددة الجديدة خلال العقد الجديد، أي أكثر من أسطول توليد الكهرباء بأكمله في الولايات المتحدة[٣٥]. فتكلفة بناء طاقة الرياح أوالطاقة الشمسية الجديدة الآن أقل من إضافة ما يعادلها في محطات الفحم أوالغاز في ثلثي العالم. ودفعت الاستثمارات الهائلة في الطاقة الشمسية إلى امداد الطاقة بأكثر من ٨% من قدرة التوليد العالمية، وطاقة الرياح إلى ما يقرب من ٩% [٣٦].

٤- انخفاض تكاليف تخزين الطاقة : خلال عام ٢٠٢٠، شهدت صناعة تخزين الطاقة انخفاضًا كبيرًا في التكلفة وابتكارًا في تقنيات البطاريات، وزيادة التعاون الدولي لإنتاج الهيدروجين الأخضر، وانخفضت تكاليف بطارية ليثيوم أيون بشكل حاد، إلى أقل من ١٠٠ دولار أمريكي لكل كيلووات ساعة لأول مرة في ٢٠٢٠ [٣٧]. وتطوير تقنيات جديدة لاستخلاص المياه الجوفية الحرارية، بهدف إنتاج "الليثيوم الأخضر" مع تقليل الأثر البيئي. مع هذا الاهتمام المتزايد، انخفضت تكلفة إنتاج الهيدروجين من الكهرباء، حيث انخفضت بنسبة ٤٠٪ في المتوسط بين عامي ٢٠١٥ و ٢٠٢٠.

٥- استخدام الطاقة المتجددة في ظل الأزمات والاغلاق التام : طوال عام ٢٠٢٠، أظهر الإغلاق الكامل انخفاض الطلب على الكهرباء بنسبة ٢٠ ٪ في المتوسط، مع تأثيرات أقل للإغلاق الجزئي. ونتيجة لذلك، استحوذت مصادر الطاقة المتجددة على

حصة أكبر من توليد الكهرباء العالمية (حوالي ٢٩٪ في عام ٢٠٢٠، ارتفاعًا من ٢٧٪ في العام السابق) ؛ حيث أن إنتاج مصادر الطاقة المتجددة غالبًا ما يكون أقل تأثرًا بشكل مباشر بالطلب على الكهرباء[٣٨].

ثانيا: تحديات الاعتماد على الطاقة المتجددة عالميا :

سلطت التطورات التي حدثت خلال العقد الماضي الضوء على بعض التحديات الرئيسية المستمرة التي تعوق التبني الواسع النطاق للطاقة المتجددة. وتتمثل في :

١. الزيادة البطيئة في مساهمة مصادر الطاقة المتجددة في إجمالي الاستهلاك النهائي للطاقة(TFEC)[٣٩].

٢. الحاجة إلى مزيد من الابتكار في بعض القطاعات.

٣. الحاجة إلى تطوير البنية التحتية وزيادة القدرة على تحمل التكاليف في بعض الأسواق.

٤. الافتقار إلى دعم السياسات الكافية وتنفيذها.

٥. الدعم المستمر للوقود الأُحفوري.

٦. ارتفاع الطلب العالمي على الطاقة.

٧. استمرار الاستهلاك والاستثمار في أنواع الوقود الأُحفوري الجديدة، مما يؤدي إلى تلبية الوقود الأُحفوري لمعظم الطلب المتزايد.

٨. تراجع الاستخدام التقليدي للكتلة الحيوية، على الرغم من التطور الإيجابي بسبب الاتجاه نحو الاستدامة والمخاوف الصحية.

أدى غياب الفهم للتكنولوجيات المتجددة الناشئة، إضافة إلى صعوبة الحصول على التمويل، وكذلك ارتفاع تكاليف التمويل ونقص الأُطر التنظيمية وغياب المكافآت مقابل الإحلال محل أنواع الوقود الأُحفوري، وصِغر حجم الأسواق وتخبّط السياسات المتبعة إلى خلق معوقات في سبيل الاعتماد على الطاقة المتجددة. ولا يزال دعم الوقود الأُحفوري يمثل تحديًا مستمرًا للطاقة المتجددة [٤٠].

وقد تم التركيز على خمس تحديات تواجه الاعتماد على الطاقات المتجددة :

أولا: تحدي توفير الطاقة عند الطلب : يمكن الحصول على الطاقة المتجددة عندما يكون الجو مشمسًا أو عاصفًا وعندما لا يكون كذلك، لا يمكن الحصول عليها. ولكن لن يكون هذا النوع من التوليد المتقطع مشكلة إذا كانت لدينا طريقة فعالة من حيث التكلفة وموثوقة لتخزين الطاقة. أوضح Mick Dalrymple، مدير ممارسات الاستدامة في جامعة ولاية أريزونا قائلا أن : "التحدي الأكبر الذي يواجهنا هو التخزين، إذا تمكنا من تخزين الكهرباء، يمكننا حل هذا الأمر" [٤١].

ثانيا: التحديات الاقتصادية والمالية: وتتمثل في صعوبة الحصول على آليات تمويل مناسبة لانشاء مشروعات الطاقة المتجددة، وتتمثل في القروض من البنوك التجارية واليات التنمية النظيفة،وغالبًا ما يؤدي نقص الدعم المالي من المؤسسات الكبيرة والحكومات غير الراغبة في التغيير بالسرعة المطلوبة إلى إبطاء التقدم الذي نحتاج إلى رؤيته [٤٢]. في بعض الأحيان يتم البحث عن بدائل، مثل التمويل الجماعي للطاقة المتجددة حيث تتجه الشركات الناشئة وحتى الشركات الأكثر نضجًا إلى عدد من المستثمرين الصغار لبدء المشاريع.ولعل أكبر التحديات الاقتصادية هي رغبة المستثمرين في استرداد رؤوس أموالهم في الأجل القصير مما يتعارض مع أهداف مشاريع الطاقة المتجددة ذات الطابع الزمني الطويل.

ثالثا: التحديات الخاصة بالسياسات المالية: وهي تشمل التشريعات والقوانين واللوائح المالية التي تنشرها الحكومات والتي تمتلك سلاح ذو وجهين إما جذب المستثمرين أو ابعادهم عن الاستثمار في مشاريع الطاقة المتجددة. مثل: سياسات الحوافز التشجيعية والاعفاءات الضريبية على المكونات الداخلة في توليد الطاقة المتجددة، كذلك أدى دعم الدول لمصادر الطاقة التقليدية عبئا اقتصاديا وبيئيا كبيرا على كاهلها رغبة في ارضاء المطالب الاجتماعية للشعب، فلابد من تغيير سياسة الدعم بل وتوجيهها نحو الطاقة المتجددة [٤٣].

رابعا: التحديات المؤسسية والسياسية: تعد من أكبر التحديات التى تواجه قطاع الطاقة المتجددة قلة أوعدم وجود قوانين،واتر تنظيمية ثابته تنظم الانتاج والاستهلاك،كما يواجه صانعوالقرارات ضغوطًا هائلة وهم يكافحون من أجل التوفيق

بين متطلبات التغيير السريع والهائل وتحفظ بعض الفئات على إجراء التغييرات المطلوبة (٤٤).

خامسا: التحديات البيئية: يجب التوفيق بين الأرض التي يجب أن تستخدم في مزارع الطاقة الشمسية وتوربينات الرياح والحاجة إلى الأرض للإسكان وإنتاج الغذاء والبناء وما إلى ذلك، وكذلك مراعاة أماكن هجرة الطيور والاسماك عند استخدام توربينات الرياح العملاقة وتوربينات المياه.

النتائج والمقترحات :

توصلت دراسة التوجهات العالمية للانتقال نحو استخدام الطاقة المتجددة الى تحقيق النتائج الاتية :

١- لم تعد استثمارات الطاقة المتجددة والتوسع فيها تقترن بسعر الوقود الأُحفوري و بالأخص التكلفة المقارنة لانتاج الكهرباء، ويتضح ذلك في استمرار نمو معدلات الاستثمار في مشاريع الطاقة المتجددة، بل تقترن بحجم الطلب على الطاقة ومدى توافر مصادر الطاقة المتجددة.

٢- لا يقتصر نمو استثمارات الطاقة المتجددة وجذب المستثمرين على السياسات الادارية والتشريعية فقط، ولكن أصبحت المغريات من حوافز وإلغاء أو تخفيف جزء من الضرائب، مصدر هام لجذب المستثمرين الاجانب و تشجيع المنتج المحلى.

٣- تتسارع الدول نحو استخدام الطاقة المتجددة نتيجة لزيادة الوعي البيئي بما تتسب فيه الطاقة الأُحفورية من اضرار جسيمة، من تغير المناخ و زيادة الاحتباس الحراري والتى تعوق مسيرة التنمية المستدامة الدولية.

٤- توفر استثمارات الطاقة المتجددة عدد من الوظائف تفوق تلك التى تقدمها المشاريع القائمة على الوقود الأُحفوري بثلاث مرات تقريبا.

٥- انخفضت تكاليف انتاج الطاقة من مصادر الطاقة المتجددة، تزامنا مع كثافة انتشارها وتقدم تكنولوجيا وتقنيات التخزين الحديثة.

ونتيجة لما سبق تقدم الدراسة عددا من المقترحات من شأنها العمل على تسريع الانتقال إلى الطاقة المتجددة:

١- تحديد ميزانية من الناتج المحلي الاجمالي وتخصيصه للانفاق على البحث العلمي والتطوير، ويمكن ايضا استغلال وفورات الدعم من الطاقة الأُحفورية.
٢- الاتجاه نحو تصنيع المكونات محليا ليس فقط لتوفير النقد الاجنبي من الواردات ولكن للمشاركة في سلاسل الإمداد العالمية للطاقة، وكذلك تقوية البنيه التحتيه لسهولة انتقال الكهرباء من المنتج للمستهلك.
٣- إنشاء بنك دولي يختص بتمويل مشاريع الطاقة المتجددة فقط.
٤- تسهيل القيود الجمركية على المكونات الأولية لمشاريع الطاقة المتجددة.
٥- زيادة التوعية المجتمعية للمواتنين بضرورة ترشيد استهلاك الكهرباء عموما، والاعتماد على المصادر المتجددة كالخلايا الضوئية حفاظا على البيئة ولتجنب الاثار الخارجية لملوثات الطاقة الأُحفورية، وذلك عن طريق وسائل التواصل الاجتماعي و التليفزيون.

مراجع الدراسة:

[١] راضي عبد الجواد ومصباح شرف، "العلاقة بين استهلاك أنواع الطاقة والنمو الاقتصادي في مصر: دراسة قياسية باستخدام تحليل السببية مع تحديد التغيرات الهيكلية في الفترة ١٩٨٠ – ٢٠١٢"، مجلة البحوث التجارية المعاصرة، العدد ٥٧، مجلد ٣١، ٢٠١٩.

[٢] الجمعية العامة للأمم المتحدة،" الدورة التاسعه والستون" تحويل عالمنا: خطة التنمية المستدامة لعام ٢٠٣٠ "، نيويورك، الولايات المتحدة، سبتمبر ٢٠١٥.

[3] António Guterres –Secretary General of the United Nations-, ‘‘the Sustainable Development Goals Report’’, united nations, 2021.

[4] IEA, International Energy Agency, ‘‘Renewables in Global Energy Supply’’, International Energy Agency and

Organization for Economic Cooperation and Development. 2020.

[٥] الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، "مصادر الطاقة المتجددة وتخفيف حدة التغيير المناخي"، الأمم المتحدة، جنيف، سويسرا،٢٠١١.

[٦] الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، مرجع سابق.

[٧] عبدالخالق عبدالله، "التنمية المستدامة والعلاقة بين البيئة والتنمية"، الطبعة الاولي، مركز دراسات الوحدة العربية، كتاب المستقبل العربي، بيروت، ١٩٩٨.

[٨] كامبيل واخرون، " نهاية عصر البترول : التدابير الضرورية لمواجهة المستقبل"، ترجمة عدنان عباس على، سلسله عالم المعرفة، المجلس الوطني للفنون والاداب، الكويت، ٢٠٠٤.

[٩] الخياط، محمد مصطفى، "الطاقة - "، الهيئة المصرية للكتاب، القاهرة، ٢٠٠٦. مصادرها- انواعها- استخداماتها

[١٠] مركز الدراسات والبحوث، "اقتصاديات الطاقة الشمسية في المملكة العربية لسعودية"، الغرفة التجارية الصناعية للمنطقة الشرقية، الدمام، ٢٠١٠.

[١١] خالد جاسر، " الفرص الضائعة في استغلال الطاقة الشمسية في مصر"، المركز المصري للحقوق الاقتصادية و الاجتماعية، القاهرة، ٢٠١٥.

[١٢]خالد عبد الحميد محمد عمر، " اقتصاديات الطاقة الشمسية في مصر دراسة مقارنة و دراسة قياسية "، رسالة دكتوراه، كليه تجاره، جامعه عين شمس، القاهرة، ٢٠١٢.

[١٣] ستيفان سينجر، "استشراف مستقبل الطاقة المتجددة عالمياً"، تقرير الطاقة : دبي، ٢٠١٤، ص٣.

[١٤] بريبش السعيد، عياد حنان، " السياسة الطاقوية الجديدة للجزائر ضمن الرهان الاقليمي والدولي"، كلية العلوم الاقتصادية، التجارة وعلوم التيسير، نوفمبر٢٠١٤.

[15] Pierre Lecanu et al, "Theoretical calculation of the power of wind turbine or tidal turbine", https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01982516, 2020.

[16] Snyder, B. and Kaiser, M., "Ecological and Economic Cost-Benefit Analysis of Offshore Wind Energy", Renewable Energy, 34, 2009.

[17] Azad, Abul Kalam, et al. "Prospect of biofuels as an alternative transport fuel in Australia", Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2015, 43: 331-351.

[١٨] حافظ صلاح حافظ النجار، " الجدوى الاقتصادية للطاقة النووية في مصر"، أطروحة دكتوراه، كلية التجارة، جامعة عين شمس، ٢٠١٤.

[19] Marques, J. G. "Evolution of nuclear fission reactors: third generation and beyond." Energy Conversion and Management, 51: 1774-1780. 2010.

[20] Victor Lyatkher, "Tidal Power: Harnessing Energy from Water Currents", Scrivener Publishing LLC, 2014.

[21] Nour AbouSeada, Tarek M.Hatem , "Climate action: Prospects of green hydrogen in Africa", el Sevier, Energy Reports ,Volume 8, 2021.

[22] BP Statistical Review of World Energy July 2021.

[٢٣] تتشير "مصادر الطاقة المتجددة الأخرى" إلى المصادر المتجددة بما في ذلك الطاقة الحرارية الأرضية، والكتلة الحيوية، والنفايات، والأمواج، والمد والجزر.

[24] Hannah Ritchie and Max Roser, "Energy", journal Our World in Data, 2021. https://ourworldindata.org/energy.

[25] Ibid.

[26] Source: Our World in Data based on BP Statistical Review of World Energy, 2022.

[27] Shahrouz, Abolhosseini, Almas Heshmati, The main support mechanisms to finance renewable energy development, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 40, 2014, pages 876-885.

[٢٨] الخياط، محمد مصطفي، "الطاقة البديلة: تحديات وآمال"، مجلة السياسة الدولية، العدد ١٦٤، المجلد 41، القاهرة، إبريل ٢٠٠٦.

[٢٩] سامبورسكي واخرون،" المؤشر العربي لطاقة المستقبل "، المركز الاقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة، القاهرة، ٢٠١٣.

[٣٠] عيسى، رضا، "دعم الطاقة لغير المستحقين- استمرار دعم الصناعات الكثيفة الاستهلاك للطاقة: استنزاف للموارد ومحاباة للاغنياء"، المبادرة المصرية للحقوق الشخصية، القاهرة، ٢٠١٥.

[31] Mazzucato, M. and semieniuk, G., “financing renewable energy: who is financing what and why it matters”, the journal of technological forecasting & social change, el-Sevier, 2017.

[32] Peltier, “green rersus brown: comparing the employment impacts of energy efficiency, renewable energy and fossil fuels using an input- output model”, economic modeling journal, volume 61, Elsevier, 2017.

[33] Bridle, Richard, and Lucy Kitson, “the impact of fossil-fuel subsidies on renewable electricity generation”, the

international institute for sustainable development, Canada, 2014.

[34] Edenhofer, O. et al, "Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the intergovernmental Panel on climate change (IPCC)", Cambridge University Press, USA, 2012.

[35] IRENA (International Renewable Energy Agency), "Global Renewables Outlook: Energy Transformation 2050", Abu Dhabi, https://www. irena.org,publications,2020.

[36] WRI working paper, World Resources Institute, Washington, DC, www.wri.org/ publication/us-new-climate-economy,2019.

[37] Ulucak, Recep., "Renewable energy, technological innovation and the environment: a novel dynamic auto-regressive distributive lag simulation", Renewable and sustainable Energy Reviews, Elsevier, Volume 150, October 2021.

[38] IEA, Global Energy Review, " Renewables bucked the trend in 2020-2021".

[39] Total Final Energy Consumption (TFEC).

[40] PaolaYanguas Parra , " The death valley of coal – Modelling COVID-19 recovery scenarios for steam coal markets", Applied Energy, Volume 288, 15 April 2021.

[41] Suyeon Lee, "University leadership in climate mitigation: reducing emissions from waste through carbon pricing",

International Journal of Sustainability in Higher Education, August 2021.

[٤٢] قدري، عبدالمجيد منور، " الاقتصاد البيئي"، دار الخلدوتية للنشر والتوزيع، الطبعة الاولي الجزائر، ٢٠١٠،ص ١٣٣.

[٤٣] الخياط، محمد مصطفي، "الطاقة البديلة: تحديات وآمال"، مرجع سابق.

[٤٤] كافي، فريدة، "الطاقات المتجددة بين تحديات الواقع ومأمول المستقبل : التجربة الالمانية نموذجا"، مركز دراسات الوحدة العربية، بحوث اقتصادية عربية، العددان ٧٤\٧٥، ٢٠١٦، ص:١٤٩.