إقتصاديات بدائل توليد الطاقة الكهربائية من المصادر المتجددة بمصر

ا م.د/ عزة علي فرج
المعهد العالي للعلوم الادارية والتجارة الخارجية

المستخلص

يقدم هذا البحث تقييم إقتصادي لمحطات إنتاج الطاقة الكهربائية بمصر من بدائل الطاقة التي يعمل البعض منها بإستخدام الوقود الإحفوري، والبعض الأخر بإستخدام طاقة المياه، بالإضافة الى المحطات التي تعمل بالطاقة الكهروضوئية والمحطات التي تعمل بطاقة الرياح، حيث تمتلك مصر العديد من المحطات مع إختلاف القدرات الإنتاجية المولدة لكلاً منها، وذلك بهدف إظهار أقل الأسعار لتوليد الكيلو وات ساعة لتلك المحطات خلال العمر التشغيلي لها مع الأخذ بعين الإعتبار تحقق الأهداف البيئية القومية من خفض الإنبعاثات الكربونية والأثار الإقتصادية الضارة الناجمة عنها.

كما تبنى البحث الإستيراتيجية القومية للطاقة المستدامة والمتكاملة لجمهورية مصر العربية حتى عام ٢٠٣٥ وذلك لإستخدام مصادر الطاقة المتجددة في إنتاج الطاقة الكهربائية وذلك من خلال إعداد دراسة إقتصادية لتحديد إحتياجات مصر من الطاقة الكهربائية المضافة لما لديها حالياً حتى العام ٢٠٣٥ كدالة في الزيادة السكانية السنوية والمتوسط القومي لإستهلاك الفرد من الكهرباء، على أن يتم تلبية تلك الإحتياجات من محطات توليد الطاقة الكهربائية اللازمة من بدائل الطاقة المتجددة، والإختيار لأقلها تكلفة في إنتاج الكيلو وات ساعة بمعيار الأسعار العالمية.

كما تم حساب التكاليف الكلية بدراسة الجدوي التي تم إعدادها لمحطات إنتاج الطاقة الكهربائية التي تعمل ببدائل الطاقة الإحفورية والمتجددة بمرجعية الأسعار العالمية، مع التقييم الإقتصادي لكمية الإنبعاثات الكربونية الناجمة من البعض منها كدالة في إجمالي الطاقة المولدة.

وقد أظهرت نتائج الدراسة الإقتصادية بالبحث لبدائل محطات الطاقة الكهربائية والتي تعمل (بالوقود الإحفوري، الطاقة المائية، الطاقة الكهروضوئية، طاقة الرياح) على ضوء تكاليف إنشاء المحطات لتحقيق القدرات الإنتاجية المطلوبة وتكاليف التشغيل السنوية لتوليد الطاقة لكلاً منها، والأعباء الإقتصادية لإزالة أثار الكربون، وتكاليف الإهلاك للمعدات، وتكاليف التمويل، والكميات المنتجة من الطاقة الكهربائية السنوية لكلاً منها، أن أقل تكلفة للكيلو وات ساعة هي المحطات التي تعمل بطاقة الرياح بمقدار ٠,٩٦٧ جنيه مصري، ثم المحطات التي تعمل بالطاقة الكهروضوئية بمقدار ١,١٢٦ جنيه مصري، يليها المحطات التي تعمل بطاقة المياه بمقدار ١,١٨٠ جنيه مصري، وتأتي أخيراً المحطات التي تعمل بالوقود الإحفوري بمقدار ٢,٢٦٩ جنيه مصري.

كما أظهرت نتائج الدراسة الإقتصادية مع إتباع الإستيراتيجية المصرية في توليد الطاقة الكهربائية من مصادر متجددة وتحديداً لإحتياجات مصر من الطاقة الكهربائية والقدرات الإنتاجية المطلوب إضافتها لتلبية الاحتياجات في العام ٢٠٣٥، حيث تبين من خلال البحث أن مقدار مايتم توليده من مصادر الطاقة المتجددة في عام ٢٠٣٥ يصل إلى ٦٥,٤٣٩ تيراوات بنسبة قدرها ٢٧,٩٪ من مصادر متجددة .

مع إستمرار محطات الطاقة الكهربائية التي تعمل بالوقود الإحفوري حالياً بمصر بالعمل بنفس القدرة والتي تنتج طاقة كهربائية قدرها ١٦٨,٦٣ تيراوات وسوف تمثل تلك المحطات نسبة قدرها ٧٢,١٪ من إجمالي الكهرباء في العام ٢٠٣٥ بدلاً من ٨٩,٧٧٪ من إجمالي إنتاج الكهرباء في العام ٢٠٢١، مما يساهم في تحقيق التحول التدريجي للإنتقال الكامل لتوليد الطاقة الكهربائية اللازمة لمصر من الطاقة المتجددة،

ويحقق قيمة إيجابية في دعم تخفيض الإنبعاثات الكربونية وتحسين المناخ، وتقليل الإحتياج للوقود الإحفوري من البترول والغاز الطبيعي.

كما أظهرت نتائج الدراسة الإقتصادية للإستيراتيجية المقدمة في هذا البحث لتحديد الإحتياجات الكلية من الطاقة الكهربائية في العام ٢٠٣٥ بإستخدام طاقة الرياح في تشغيل محطات الطاقة الكهربائية مما يحقق وفر سنوي في تكلفة إنتاج الطاقة الكهربائية اللازمة تعادل قيمة قدرها ٣,٤٩ مليار دولار أمريكي سنوياً، وهذا يمثل قيمة إقتصادية إيجابية هامة تدعم الإقتصاد المصري.

الكلمات المفتاحية:

الطاقة الشمسية– الطاقة المائية – طاقة الرياح – محطات الطاقة الإحفورية – الطاقة المتجددة – تكاليف الإنبعاثات الكربونية – مصادر الطاقة الكهربائية– محطات الطاقة المتجددة – تكاليف إنشاء المحطات – تكاليف التشغيل.

Abstract

This research presents an economic evaluation of electric power production plants in Egypt from energy alternatives, some of which work using fossil fuels, others using water energy, in addition to plants that operate on photovoltaic energy and plants that operate on wind energy, where Egypt has many plants with different production capacities. The generators for each of them, with the aim of showing the lowest harmful prices for generating kilowatt-hours for these during their operational life, taking into account the achievement of national environmental goals of reducing carbon emissions and the economic effects resulting from them.

The research also adopted the national strategy for sustainable and integrated energy for the Arab Republic of Egypt until the year 2035 in order to use renewable energy sources in the production of electric power, by preparing an economic study to determine Egypt's needs for added electric energy to what it currently has until the year 2035 as a function of the annual population increase and the national average consumption per capita of electricity, provided that those needs are met by the electric power plants from renewable energy necessary alternatives, and to choose the least expensive in producing kilowatt-hours at the international prices standard.

The total costs were also calculated in a feasibility study that was prepared for electric power plants that operate with alternatives to fossil and renewable energy with reference to international prices, with an economic evaluation of the amount of carbon emissions resulting from some of them as a function of the total energy generated.

The results of the economic study showed a search for alternatives to electric power plants that operate (fossil fuels, hydropower, photovoltaic energy, wind energy) in light of the costs of establishing the stations to achieve the required production capacities and annual operating costs for power generation for each of them, and the economic burdens for removing carbon footprints, and depreciation costs for the

equipment, financing costs, and the annual produced quantities of electric energy for each, the lowest cost per kilowatt-hour is for wind power plants by 0.967 EGP, then photovoltaic plants by 1.126 EGP, followed by water-powered plants by 1.180 EGP finally, fossil fuel-powered stations come with an amount of 2.269 Egyptian pounds.

The results of the economic study also showed, following the Egyptian strategy in generating electric power from renewable sources, specifically to Egypt's needs of electric power and the production capacities to be added to meet the needs 65.439 TWh, or 27.9% from renewable sources in the year 2035.

With the current fossil fuel-powered electric power stations in Egypt continuing to operate with the same capacity, which produces electrical energy of 168.63 TWh, these stations will represent 72.1% of the total electricity in 2035 instead of 89.77% of the total electricity production in The year 2021, which contributes to achieving the gradual transformation of the complete transition of electricity generation needed for Egypt from renewable energy, and achieving positive value in supporting the reduction of carbon emissions, improving the climate, and reducing the need for fossil fuels from oil and natural gas.

The results of the strategic economic study presented in this research also showed to determine the total needs of electrical energy in the year 2035 by using wind energy to operate electrical power plants, which achieves annual savings in the cost of producing the necessary electrical energy equivalent to a value of 3.49 billion US dollars annually. This represents an important positive economic value that supports the Egyptian economy.

key words:

Solar energy – hydro energy – wind energy – fossil energy plants – renewable energy – costs of carbon emissions – electric energy sources – renewable energy plants – plant construction costs – operating costs.

المقدمة

تعد الطاقة الركيزة الأساسية في إحداث التنمية الشاملة في كافة قطاعات الإنتاج وتلبية الإحتياجات المجتمعية، وتسعى الدول جاهدة إلى توفير وتأمين إحتياجاتها من مصادر الطاقة المختلفة وأهمها الطاقة الكهربائية.

وتعتبر الطاقة الكهربائية قيمة إقتصادية أساسية وتعكس مدى نهضة الأمم وتحضرها حيث يتوقف على متوسط إستهلاك الفرد من الكهرباء في الدول على مدى القدرة على إستخدام الآلة والإستفادة بها في الإنتاج ومدى تقليل الجهد البشري وتقليل الحاجة إليه في إنجاز الأعمال.

وقد سعى المخططون لإنشاء محطات طاقة كهربائية لتوفير الإحتياجات القومية وتلبية الإحتياجات المتزايدة بشكل سنوي كنتيجة لزيادة عدد السكان وزيادة الخدمات

المطلوبة بمصر في كافة القطاعات الإنتاجية والخدمية والتي تحتاج الى الطاقة الكهربائية (وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة، ٢٠٢٢)

وتتميز مصر بقدرات تمكنها من توليد الطاقة الكهربائية من المصادر الطبيعية حيث تتمتع مصر بوفرة من موارد الطاقة المتجددة وبخاصة الطاقة الشمسية حيث تصل متوسط تعداد الساعات المشمسة إلى١١ساعة يومياً وهذه معدلات مرتفعة وذات قيمة كبيرة، كما تتمتع مصر بموارد عالية من طاقة الرياح حيث يبلغ متوسط سرعة الرياح السنوية من ٨ إلى ١٠ متر لكل ثانية على ساحل البحر الأحمر ، ومن ٦ الى ٨ متر لكل ثانية على إمتداد ضفاف النيل الجنوبية الغربية ، وفي جنوب الصحراء الغربية وهو مايمكن إستخدامه لتوليد طاقة الرياح (IRENA,2018) ، بالإضافة الى الطاقة المائية التي تمثل ثالث مصدر للطاقة في مصر بعد المصادر المشتقة من الوقود الإحفوري (الهيئة العامة للاستعلامات ، مصر ٢٠٢٢).

وقد سعت الحكومة المصرية على وضع إستيراتيجية لتنويع مصادر الطاقة الكهربائية تعرف بإسم الطاقة المتكاملة والمستدامة وذلك حتى العام ٢٠٣٥، لضمان تحقيق التنمية المستدامة وتوفير الإحتياجات من الطاقة (هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، ٢٠٢١).

المشكلة:

تزايد الطلب على الطاقة الكهربائية بمصر نتيجة الزيادة السنوية المترتبة على زيادة تعداد السكان، وذلك لتقديم الإحتياجات المطلوبة للقطاع السكني والقطاع الصناعي والقطاع التجاري والخدمات وغيرها، وإلتزام مصر كدولة رائدة في مجال حماية البيئة ومواجهة أثر تغير المناخ بالعمل على خفض الإنبعاثات الكربونية في مجال توليد الطاقة وبخاصة توليد الطاقة الكهربائية، مما يتطلب التحول التدريجي المستقبلي من توليد الطاقة الكهربائية من المحطات التي تعمل بالوقود الإحفوري الى إنشاء محطات تعمل بالطاقة الجديدة والمتجددة، لتحقيق أهداف إقتصادية وبيئية.

ولتحقيق الأهداف الإقتصادية والبيئية يتطلب الأمر إعداد دراسة بحثية إقتصادية لدراسة جدوى بدائل إنشاء محطات توليد الطاقة الكهربائية من مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة لتعظيم الإستفادة من ثروات مصر الطبيعية والفرص والقدرات المتاحة لتوليد الطاقة الكهربائية بمصر.

مراجعة الأدبيات العلمية:

من خلال التقارير المتخصصة والأبحاث المنشورة بين البحث (Akella,A.,& Others,2009) بدائل توليد الطاقة الكهربائية والمتمثلة في الطاقة المتولدة من وقود الفحم الحجري والمواد البترولية والغاز الطبيعي، ووضح أنه على الرغم من القيمة الإقتصادية الكبيرة لما تحقق من تنمية إقتصادية بإستخدام تلك المصادر إلا أن زيادة الطلب وكثافة الإستخدام لتلك المصادر قد أثرت سلباً على صحة الإنسان والبيئة كنتيجة للإنبعاثات الكربونية من حرق الوقود الإحفوري، وفي دراسة بحثية أخرى وضح البحث (Blanco, M.,2009) إستخدام طاقة الرياح في توليد الطاقة الكهربائية وناقش عناصر التكلفة.

وفي أحد الدراسات عن دعم توفير الإحتياجات للطاقة الكهربائية بمصر بين البحث (Razavi, H.,2012) أن الحكومة المصرية تعمل على جذب الإستثمارات لتحقيق التنمية المنشودة والتي تمكن من توفير الطاقة الكهربائية بالكميات اللازمة حسب بدائل مصادر توليد الطاقة.

وفي دراسة بحثية أخرى عن أهمية التقنيات المستخدمة للتكامل في توليد الكهرباء من المصادر الطبيعية مثل طاقة الرياح والطاقة الشمسية طبقاً لمناطق توليد الطاقة الكهربائية، وقد أظهر البحث (Bird, L.,& Others,2013) أهمية السياسات المرنة المتبعة في توفير الإحتياجات من الطاقة الكهربائية من المصادر الطبيعية على الرغم من التقلبات في القدرات المنتجة طبقاً لتغير سرعة الرياح خلال ساعات اليوم وخلال أيام السنة، وكذلك تغير القدرات الإنتاجية للطاقة الكهربائية من المحطات

الشمسية خلال حركة الشمس اليومية والسنوية وإرتباط ذلك بالطلب على الطاقة الكهربائية والتنبؤات والخبرات المكتسبة من توفير الطاقة الكهربائية من تلك المصادر.

وفي بحث لتقييم الواقع العالمي للمناخ فقد أظهر البحث (Pollin,R.,2016) الأثار البيئية الضارة لعدم الأخذ بعين الإعتبار تحقيق التنمية المستدامه والنمو الأخضر وبخاصة في توليد الطاقة، كما أشار البحث الى الإتفاقيات الدولية في هذا الشأن والمعاهدات الدولية الداعمة لتخفيض الكربون بمعدل ٤٠ % عما يتم إنبعاثه حالياً وويننتج عنه أثار سلبية.

وفي تقرير لمنظمة التعاون الإقتصادي والتنمية لبيان الأثار المترتبة على العمالة من خلال السياسات الخضراء وإنعكاسات ذلك على النمو الأخضر وتأثير ذلك على سوق العمل بأكمله بين التقرير (OECD,2017) أن هناك مكاسب للعمالة من خلال إستخدام منهجية السياسات الخضراء ولاسيما التحول في قطاع الطاقة وإحلال تقنيات الطاقة المتجددة بدلاً من الوقود الإحفوري.

وفي بحث أخر عن التوجه العالمي في القرن الواحد والعشرون لإنتاج الكهرباء من خلال إنشاء السدود الكهرومائية بين البحث (Minnen,J.,& Others,2018) أنه مع التوجه البيئي الجديد وحرص العديد من الدول على إنتاج الكهرباء من خلال المصادر المائية الطبيعية بهدف تحقيق التنمية الإقتصادية لتلك الدول بين البحث أن هناك أثار إيجابية وسلبية من إنشاء السدود لتوليد الكهرباء، ومن الأثار السلبية أثارها على الرقعة الزراعية وهجرة المواطنين، أما الأثار الإيجابية فتتمثل في إنتاج الكهرباء من مصادرها الطبيعية بتكلفة منخفضة.

وفي بحث إقتصادي عن التكاليف الثابتة لإنشاء وحدات كهروضوئية لتوليد الكهرباء في الأحياء والمناطق السكنية في الولايات المتحدة بين البحث (Fu, R.,& Others,2018) من منظور إقتصادي إجمالي التكاليف اللازمة لإنشاء وحدات وتشغيلها بهدف توفير قدرات كهربائية بأسعار تنافسية وذلك في حالة إنشاء وحدات تخزين للكهرباء وكذلك بدون إنشاء وحدات تخزين، وبين البحث أن هناك إنخفاض

ملحوظ في التكاليف الخاصة كنتيجة للتطور التكنولوجي في التصنيع لوحدات توليد الطاقة الكهروضوئية المستخدمة في الأحياء السكنية والأنشطة التجارية.

وفي بحث (Dauchy,E.,& Chen,S., 2018)عن مصادر التكنولوجيا الدولية وإنتشار المعرفة في مجال توليد الطاقة الكهربائية من المصادر المتجددة بين البحث مدي أهمية عمليات البحث والتطوير وبراءات الإختراع وتأثير الشبكات العالمية للإبتكارات المؤسسية في دول منظمة التعاون الإقتصادي والتنمية ومدى إستفادة كافة الدول من ذلك.

وفي دراسة للمعهد القومي للبيئة من خلال المراكز البحثية بالمملكة المتحدة بين البحث (Avis,W.,2018) أهمية إتباع الدول النامية لمسارات التنمية مع مراعاة تحقيق الأهداف البيئية والتنمية المستدامة حيث بينت الدراسة أنه لايوجد سياسة واحدة يمكن إتباعها في كافة الدول النامية وينبغي تبني إستيراتيجيات لكلاً منها طبقاً لإحتياجاتها من الطاقة ومدى قدرتها على توفير الموارد اللازمة لتحقيق التنمية المستدامة.

وفي بحث عن أهمية تحقيق التنمية المستدامة للدول النامية والقيمة المضافة من إستخدام مصادر الطاقة المتجددة حيث تم إجراء تقييم لثلاثون دولة نامية للوقوف على تحقق التنمية من خلال إستخدام الطاقات النظيفة والمتجددة حيث بين البحث (Ahmed ,M., & Shimada,K.,2019) أهمية توفير الدعم الدولي للدول النامية بهدف توليد الطاقة اللازمة لها من مصادر طبيعية .

ووضح بحث أخر (Mokan,K.,& Others,2019) أن الطلب على الطاقة يتزايد عام بعد عام في العديد من الدول ولكثير من العوامل كنمو السكاني والتنمية الصناعية وتنمية الريف وكذلك الإستنفاذ السريع للوقود الإحفوري، وقد بين البحث أهمية مصادر الطاقة المتجددة لما لها الكثير من الإيجابيات على البيئة وعلى صحة الإنسان وعلى جودة الحياة.

ومن التحديات الخاصة بتوليد الكهرباء من المصادر الطبيعية بين البحث (Miguel, S., & Jorge, A.,2019) العقبات التي تواجه المكسيك والمتمثله في تعظيم الإستفادة من السدود وتصريف المياه، وبين البحث أن هناك العديد من الدراسات الهادفة لتحقيق التكامل في شأن توليد الكهرباء من مصادر طبيعية والحفاظ على المياه اللازمة للإستخدامات المتعددة من خلال منظومات متكاملة.

وفي بحث لإظهار أهمية توليد الطاقة من خلال المصادر الطبيعية دون الحاجة لإستخدام الوقود الإحفوري لمحطات توليد الطاقة أظهر البحث (GSI, I., 2019) أن مايتم توجيه من موازنات لتخفيض الإنبعاثات الكربونية الملوثة المؤثرة على المناخ تعد أكثر مما يتم توجيه للأبحاث المهتمة لتوليد الطاقة من المصادر الطبيعية، إلا أنه مايتحقق فعلياً يعد غير كافياً ولايحقق الأهداف البيئية لخفض الإنبعاثات الحرارية المؤثرة سلباً على البيئة.

وقد إهتمت المؤسسات الدولية والحكومات بضرورة مراجعة أهمية السياسات المتبعة في إنتاج الطاقة من المصادر الطبيعية بها تمشياً مع الإبتكارات العلمية الحديثة في القطاع التكنولوجي وزيادة المعرفة العلمية بالأثار السلبية لتوليد الطاقة من المصادر الإحفورية وبخاصة مع زيادة الطلب عليها، وقد بين البحث (Lu, Y.,& Others,2020) وذلك من خلال إتباع السياسات الإستيراتيجية المتبعة في خمس دول هم الولايات المتحدة، وألمانيا، والمملكة المتحدة، والدنمارك والصين، كدول صناعية كبرى وتستهلك كميات كبيرة من الطاقة المتولدة، وقد أظهر البحث أهمية إتباع فلسفة التنمية الإقتصادية لتحفيز توليد الطاقة من خلال المصادر الطبيعية لها.

وفي دراسة قومية بمصر عن أهمية إستخدام بدائل الطاقة الكهربائية النظيفة من خلال الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة المائية بين البحث (AMK, S.,& MS,S.,2021) أهمية توجه الدولة المصرية لإستخدام مزيج من تلك المصادر بهدف توفير الإحتياجات الإقتصادية وتلاشي الأثار السلبية من توليد الطاقة التقليدية.

وفي بحث (Tawiah,V.,& Others,2021) قام بدراسة البيانات للعديد من الدول النامية والدول المتقدمة من خلال توليد الطاقة الكهربائية من مصادر الوقود الإحفوري أو المصادر الطبيعية، حيث بين البحث أن إستخدام مصادر الوقود الإحفوري له تأثيرات سلبية على النمو الاقتصادي الأخضر، بينما إستخدام المصادر الطبيعية للطاقة يعمل على تحسين النمو الأخضر وتحقيق أهداف التنمية المستدامة للبلاد والتي تختلف من دولة إلى أخرى تبعاً للإستيراتيجية المستخدمة، وقد بين البحث أن البلاد ذات الدخل القومي المرتفع لديها الإمكانيات اللازمة لتحقيق النمو الأخضر والتنمية الإقتصادية وأهداف الإستدامة. وعن الأهمية الإقتصادية والبيئية لإنشاء السدود الكهرومائية بين البحث (Fan, P., &Others,2022) الأثار الإقتصادية والبيئية لإنشاء السدود وأهمية تقييم المساحات المنزرعة، وأثر إنشاء السدود على المجرى المائي لما لذلك من أثار إيجابية وسلبية على التنمية الزراعية والتنمية البشرية والقيمة الإيجابية لإنتاج الطاقة من مصادر طبيعية متجددة.

وعن أهمية التوعية الإجتماعية وبخاصة الشباب الممثلين للمستقبل بهدف حرص المستخدمين بشأن توليد الكهرباء من المصادر الطبيعية التي تحقق الطاقة الخضراء النظيفة بهدف دعمهم بالإستثمارات اللازمة لإنتاج الطاقة الكهربائية من المصادر الطبيعية للحد من التلوث البيئي والتخفيف من أثار الإنبعاث الحراري، والتي بينها البحث(Wisniewska,A., &Others,2022) عن أهمية هذا الدعم المجتمعي في الإستثمار في مجال الطاقات المتولدة من مصادرها الطبيعية، ونظراً لما أحدثته الثورة التكنولوجية من تعظيم الإستفادة في إنتاج الطاقة من المصادر الطبيعية بتقنيات جديدة بينت الأبحاث (Maradin, D.,&Others,2017)، (&Others, ٢٠٢٢ ,Chao,T.) أن من العناصر الأساسية في إنتاج الطاقة من المصادر الطبيعية هو توفر الإستثمارات اللازمة والإستعانة بالتكنولوجيات الجديدة وذلك يحقق دعماً لخفض الإنبعاثات الكربونية وأثرها السلبي على البيئة والمجتمع.

وفي دراسة بحثية للتأثير البيئي الناجم عن خفض توليد الكهرباء بالطرق التقليدية بين البحث(Luo ,S.,&Others,2022) تأثير سيناريو إنخفاض الإحتياج للطاقة الكهربائية على البيئة والأثار السلبية للإنبعاثات الكربونية حيث بين البحث أنه من خلال الخفض الجبري لتوليد الطاقة الكهربائية الناجمة عن الأثار المتولدة من إنتشار فيروس كورونا بين البحث الأثار البيئية الإيجابية لذلك الإنخفاض كمقارنة نسبية في حالة توليد نسبة من الطاقة الكهربائية من خلال المصادر الطبيعية وبين القيمة الإضافية التي يمكن أن تتحقق من ذلك في الوقت الحالي وفي المستقبل.

كما تم إجراء بحوث تهدف إلى دراسة الأثر الاقتصادي على الوظائف في قطاع الكهرباء في حالة إستخدام الطاقة النظيفة في توليد الكهرباء حيث بين البحث (Mohommad,A.,& Kim,J.,2022) أن هناك تغيرات في التوليفات المستخدمة تحتاج إلى وظائف جديدة بقدرات تكنولوجية جديدة، كما أظهر البحث أن قطاع الوظائف يتطلب إضافة وظائف جديدة في قطاع وحدات توليد الطاقة الكهروضوئية ووحدات التخزين للكهرباء للتقنيات المختلفة بما في ذلك مراجعة الشبكات وقدرتها على الإستفادة من القدرات الكهروضوئية الجديدة المولدة، وأظهر أن بناء الشبكات وتوليد الكهرباء بالتقنيات الكهروضوئية تحتاج إلى تدرج في تحديد أعداد العاملين في المجالات الجديدة طبقاً للتوسعات المستقبلية المتوقعة لمحطات توليد الطاقة الكهروضوئية وتقديم الخدمات خلالها.

وقد أظهر البحث أن الوظائف في مجال انتاج الطاقة الكهروضوئية في العام ٢٠١٧ لم تتعدى نسبة إجمالي الوظائف ٠,٠٨٥٥ % من الوظائف في العام ٢٠١٨ بما يظهر حجم تطور والقدرات المضافة في مجال توليد الكهرباء، كما أظهر البحث إحتياج الوظائف كدالة في توليد الكهرباء بوحدات جيجا وات لكل ساعة حيث بين أن هناك حاجة الى ٠,٨٦٪ وظيفة لكل جيجا وات ساعة مولدة من الطاقة الكهروضوئية، بينما أن هناك إحتياج ٠,١٨ وظيفة لكل جيجا وات ساعة مولدة من الطاقة المائية

ويحتاج توليد الطاقة من الرياح الى ٠,٢٤ وظيفة لكل جيجا وات ساعة مولدة من طاقة الرياح، وذلك طبقاً للمرجعية العالمية للأرقام الإحصائية.

وفي بحث يبين (Peru,H.,& Others,2022) أهمية التوجه إلى تخصيص نسبة من مصادر الدخل لناتج السياحة لتوليد الطاقة من المصادر الطبيعية وبين البحث أهمية إرتباط المدن السياحية بتولد الطاقة من المصادر الطبيعية وتأثير ذلك على المناخ وزيادة الجذب السياحي للمناطق صديقة البيئة على أن تكون نموذج يعتد به عند التطبيق بكافة المدن الأخرى.

وفي بحث (Jacobso,N., &Others,2022) يهدف إلى التخطيط الإستيراتيجي في الولايات المتحدة الأمريكية لتوفير الإحتياجات بنسبة ١٠٠٪ من الطاقة الكهربائية من خلال مصادر الطاقة النظيفة لتلبية خدمات القطاعات المختلفة، وذلك بحلول عام ٢٠٥٠، وقد بين كيفية الحصول على الطاقة من الطاقة المتجددة والتي تحقق مميزات تتمثل في إنعدام الإنبعاثات وتجنب الإنبعاثات الكربونية التي تلوث الهواء والتي تسببت في وفاة ٥٣٢٠٠ شخص، كما بين البحث دراسة محطات توليد الطاقة المتجددة في ست ولايات ألاسكا، وكاليفورنيا، وفلوريدا، وهاواي، ونيويورك، وتكساس، وتوصلت الدراسة إلى أن جميع الولايات والمناطق يمكنها الحفاظ على إستقرار الشبكة على الرغم من الطقس المتغير وأن التكاليف لكل وحدة طاقة في كاليفورنيا، ونيويورك، وتكساس تعتبر أقل إذا تم مقارنتها بالتكاليف في فلوريدا وذلك لترابطها مع دول أخرى.

وفي بحث (Motyka ,M.,&Others,2022) يبين الإبتكارات والتحسينات التكنولوجية السريعة التي طورت من الطاقة الشمسية الجديدة بشكل ملحوظ، والتي كانت داعمة في خفض التكاليف وزيادة القدرة التنافسية ومن المتوقع أن يتزايد الطلب على إنشاء محطات توليد الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة نتيجة الإهتمام بشأن تحسين المناخ ومن أجل دعم البيئة والمجتمع، وفي بحث أخر (Roy, P., &Others,2022) بين أنه لزيادة كفاءة نظام مصادر الطاقة المتجددة وتحسين الإستقرار في

إمدادات الطاقة إلى حد ما، لابد من إستخدام مصدرين أو أكثر من المصادر مثل توربينات الرياح والأنظمة الكهروضوئية كنتيجة لاختلاف قدرات التوليد لكلاً منهما خلال ساعات العمل.

كما بين البحث (Darwish,A.,&Others,2022) أن إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية يستخدم في العديد من التطبيقات في كثير من البلاد مثل مصر ونيجيريا والدنمارك وتستخدم تلك التطبيقات في إنارة الشوارع وضخ المياة وتحلية المياه، وناقش البحث زيادة إستخدامات الطاقة الشمسية لتقليل الإعتماد على النفط المستورد، كما بين أن وحدة تحكم الشاحن والعاكس والأجهزة الإلكترونية وأيضاً التغيرات في درجة الحرارة وترسب الغبار كل ذلك يؤثر على كفاءة الخلايا الكهروضوئية.

ويتطلب إنشاء محطات توليد الكهرباء من الطاقة الكهروضوئية تحديد المساحات الإجمالية المطلوبة من الأراضي لتركيب تلك المحطات، وقد أظهر البحث (U.S. Department of the Interior,2022) أن الولايات المتحدة الامريكية قد وضعت مخطط لتوليد ماقيمته ٢٥ جيجا وات ساعة من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الحرارية الأرضية حيث يتطلب الأمر توفير مساحات الأراضي اللازمة لإنتاج تلك القدرات من الطاقة الكهربائية من المصادر المتجددة .

ومن خلال الإهتمام العالمي لخفض الإنبعاثات الكربونية تم وضع العديد من القيود المتمثلة في أهمية جذب الإستثمارات الأجنبية المباشرة بشروط توفر الطاقة الكهربائية اللازمة للتشغيل من خلال مصادر الطاقة المتجددة، مما عظم في العديد من الدول إنتاج الطاقة الكهربائية من مصادرها الطبيعية بهدف جذب الإستثمارات الأجنبية المباشرة، وقد بين البحث (Shah,M.,& Others,2022) أنه من خلال دراسة الأثار البيئية الضارة لإنتاج الطاقة من خلال الوقود الإحفوري والفحم ومن خلال تحليل معدلات الوفاة في الصين خلال فترة التنمية الصناعية أن هناك زيادة في معدلات الوفيات نتيجة للأثار السلبية للملوثات، وبين أهمية إنتاج الطاقة من مصادرها الطبيعية حفاظاً على الصحة العامة والبشر.

وكما يتضح من خلال الدراسات البحثية السابقة التي تم إستعراضها، إنها لم تقدم كيفية إتخاذ القرار الإقتصادي الأمثل لإنشاء محطات إنتاج الطاقة الكهربائية، والتي تعمل كلاً منها بإحدى بدائل الطاقة والتي تتباين من حيث تكلفة الإنشاء وتكلفة التشغيل السنوية وكمية الإنبعاثات الكربونية الناجمة عن التشغيل.

وسوف يقدم هذا البحث دراسة إقتصادية للإختيار الأمثل لمحطات إنتاج الطاقة الكهربائية التي تعمل ببدائل الطاقة، على ضوء توفر المقومات والموارد الطبيعية للدولة والقدرات الإقتصادية الخاصة بها لتحقيق الأهداف الإقتصادية والبيئية.

الهدف:

تقديم دراسة إقتصادية بحثيه لدراسة جدوى بدائل محطات توليد الطاقة الكهربائية من مصادر الطاقة المتجددة لدراسة تكاليف الإنشاء وتكاليف التشغيل لتلك البدائل لإختيار البديل الأمثل لمحطات توليد الطاقة الكهربائية من مصادر الطاقة المتجددة بجمهورية مصر العربية، طبقاً للإحتياجات الحالية والمستقبلية.

الأهمية:

تحديد أفضل محطات توليد الكهرباء إقتصادياً من خلال بدائل المحطات المختلفة لمصادر الطاقة المتجددة وإنشاءها لتوفير الإحتياجات المستقبلية من الطاقة الكهربائية بجمهورية مصر العربية.

فروض البحث :

- تكاليف إنشاء محطات توليد الطاقة الكهربائية بمصر لاتعد عنصر المفاضلة الأمثل للإختيار بين بدائل محطات توليد الطاقة الكهربائية التي تعمل ببدائل الطاقة.

- يشير تأثير التطور التكنولوجي في تصنيع وحدات محطات توليد الطاقة الكهربائية بإستخدام الطاقة الكهروضوئية بأنها أفضل البدائل من الناحية الإقتصادية لإنشاء المحطات في المستقبل.

المنهجية:

إستخدام المنهج الإستقرائي لتحليل الإحتياجات المستقبلية للطاقة الكهربائية والتخطيط لتلبيتها مع توظيف المعارف والأساليب الإحصائية والرياضية للتحليل الإقتصادي للبيانات من المصادر الموثوق بها، وبمرجعية الأسعار العالمية لإختيار أفضل البدائل في الإستثمارات طويلة الأجل.

مصادر البيانات

- وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة، تقاريير سنوات مختلفة من ٢٠١٠ الى ٢٠٢٢
- الهيئة العامة للإستعلامات ، مصر ، ٢٠٢٢
- International Renewable Energy Agency ,2018,2021,2022
- International Energy Agency, 2021
- Statistical Review of World Energy – BP,2022
- World Bank, World Development Indicators, UN Population Division,2022

القدرات الإنتاجية والإحتياجات القومية لقطاع الكهرباء بمصر

من خلال تتبع الإحتياجات القومية لإنتاج الطاقة الكهربائية في الأعوام من ٢٠١٠ الى ٢٠٢١ طبقاً لما هو موضح بالجدول (١) تبين أن هناك زيادة في الإحتياجات القومية بمصر من الطاقة الكهربائية من العام ٢٠١٠ وحتى العام ٢٠٢١ قد بلغت ١٣٥٪، حيث بلغت الإحتياجات في عام ٢٠١٠ إجمالي قدره ١٣٩,٠٦ تيراوات، وبلغ إجمالي الإحتياجات في عام ٢٠٢١ إجمالي قدره ١٨٧,٨٤ تيراوات، ويمثل إجمالي الطاقة الكهربائية المنتجة بمصر ما يتم إنتاجه من محطات الطاقة الكهربائية التي تعمل بالغاز الطبيعي بقدرة إنتاجية ١٤٣,٠٦ تيراوات للعام ٢٠٢١، (الشركة القابضة لكهرباء مصر، التقرير السنوي، ٢٠٢١)(Statistical Review of World Energy – BP,2022) مضافاً إليها ماتم إنتاجه للطاقة الكهربائية من خلال الوقود البترولي والتي بلغت ٢٥,٥٧ تيراوات، مضافاً إليه ماتم إنتاجه من الطاقة الكهربائية من كلاً من المصادر المائية والتي بلغت ١٣,٢٣ تيراوات، ومن مصادر الطاقة الشمسية والتي بلغت ١,٦٤ تيراوات، ومن مصادر طاقة الرياح والتي بلغت ٤,٣٤ تيراوات، وذلك في العام ٢٠٢١.

وكما يتضح فإن نسبة ٩٠٪ مما تم إنتاجه من الطاقة الكهربائية من الغاز الطبيعي والوقود البترولي، وأن نسبة ١٠٪ يتم إنتاجه من الموارد الطبيعية والطاقة المتجددة (طاقة المياه ، طاقة الرياح ، الطاقة الكهروضوئية)

الجدول رقم (١) إنتاج الطاقة الكهربائية من المصادر المختلفة

السنة	الكهرباء من الغاز تيراوات	الكهرباء من البترول تيراوات	* اجمالي مصادر الكهرباء من الوقود الاحفوري	الكهرباء من الطاقة المائية تيراوات	الكهرباء من الطاقة الكهروضونية تيراوات	الكهرباء من طاقة الرياح تيراوات	* اجمالي مصادر الكهرباء من الطاقة المتجددة	* نسبة الطاقة المتجددة في الطاقة الكهربائية	* اجمالي الوقود الاحفوري والطاقة المتجددة
٢٠١٠	١٠٣,٢٨	٢١,١٥	١٢٤,٤٣	١٢,٩٢	٠,٢١	١,٥	١٤,٦٣	٪١١	١٣٩,٠٦
٢٠١١	١٠٤,٦٣	١٧,٢٩	١٢١,٩٢	١٢,٨١	٠,٢٢	١,٥٢	١٤,٥٥	٪١١	١٣٩,٤٧
٢٠١٢	١٠٧,٢٩	٢٠,٣٦	١٢٧,٦٥	١٢,٩٩	٠,٢٤	١,١٢	١٤,٣٥	٪١٠	١٤٢
٢٠١٣	١٠٤,٧٦	٢٦,٠٢	١٣٠,٧٨	١٣,٢٢	٠,٢١	١,٣٣	١٤,٧٦	٪١٠	١٤٥,٥٤
٢٠١٤	١٠٥,٩٧	٣٠,٦٥	١٣٦,٦٢	١٣,٦٨	٠,٢٤	١,٤٤	١٥,٣٦	٪١٠	١٥١,٩٨
٢٠١٥	١١٢,٥٥	٣٥,٤	١٤٧,٩٥	١٣,٤١	٠,١٧	٢,٠٦	١٥,٦٤	٪١٠	١٦٣,٥٩
٢٠١٦	١١٩,٩١	٣٢,٣٢	١٥٢,٢٣	١٢,٧٢	٠,٥٨	٢,٢	١٥,٥	٪٩	١٦٧,٧٣
٢٠١٧	١٣٤,٧٢	٢٤,٨١	١٥٩,٥٣	١٢,٦	٠,٥٤	٢,٣٣	١٥,٤٧	٪٩	١٧٥
٢٠١٨	١٣٩,٦٧	٢٠,٨٥	١٦٠,٥٢	١٢,٧٧	١,٥٢	٣,٠٢	١٧,٣١	٪١٠	١٧٧,٨٣
٢٠١٩	١٤٠,٦٢	٢٥,١٢	١٦٥,٧٤	١٢,٠٩	١,٤٧	٣,٦٩	١٧,٢٥	٪٩	١٨٢,٩٩
٢٠٢٠	١٣٠,٢	٢٣,٢٦	١٥٣,٤٦	١٢,٠٩	١,٥	٤	١٧,٥٩	٪١٠	١٧١,٠٥
٢٠٢١	١٤٣,٠٦	٢٥,٥٧	١٦٨,٦٣	١٣,٢٣	١,٦٤	٤,٣٤	١٩,٢١	٪١٠	١٨٧,٨٤

المصدر : الشركة القابضة لكهرباء مصر، التقرير السنوي، ٢٠٢١، Statistical Review of World Energy – BP,2022
، *العمليات الحسابية بواسطة الباحثة

وبمراجعة قطاعات الإستهلاك لما ينتج من الكهرباء بمصر تبين ان نسبة ماتستهلكه القطاعات يمكن تقسيمه على النحو التالي: القطاع المنزلى ٤٧٪، والقطاع الصناعي ٢٥٪، وقطاع النشاط التجاري ١٢٪، وقطاع الحكومة والمرافق العامة والإنارة العامة والزراعة ٤٪ (IRENA,2018) هذا بالإضافة الى التبادل الدولي عبر الشبكات، وتسعى الحكومة إلى تطوير روابط نقل إضافية عبر الحدود لشبكات الكهرباء لتمكين مصر من أن تصبح مركزاً إقليماً للكهرباء، لتحقيق دخل مربح.

القيمة الإقتصادية لبدائل إنشاء محطات الطاقة الكهربائية بالمرجعية العالمية

نظراً لإنشاء محطات توليد الطاقة الكهربائية بمصر يتم من خلال العديد من الشركات الدولية المتخصصة، هذا بالإضافة لوجود العديد من المستجدات البحثية والتقنيات الجديدة في إنشاء وتشغيل محطات الطاقة الكهربائية، لذلك سوف يتم إجراء تقييم إقتصادي لبدائل تلك المحطات التي تعمل ببدائل الطاقة الجديدة والمتجددة وكذلك المحطات التي تعمل بالوقود الإحفوري، حيث بين تتبع الأسعار خلال العشر سنوات الأخيرة لإنتاج الطاقة الكهربائية من المصادر المتعددة أن التغيير السعري في تكلفة إنشاء محطات الطاقة الكهربائية من المصادر المتجددة خلال السنوات من ٢٠١٠ الى ٢٠٢١ إنخفض ليصل الى ٨١٪ لتكلفة إنشاء المحطات التي تعمل بالطاقة الكهروضوئية، يليها انخفاض بنسبة ٣١٪ في تكلفة إنشاء محطات الطاقة الكهربائية التي تعمل بطاقة الرياح، في حين إرتفعت تكلفة إنشاء المحطات التي تعمل بالطاقة المائية

الجدول رقم (٢) يبين التغير في عناصر التكلفة لإنشاء وتركيب وإنتاج الكهرباء لبدائل توليد الطاقة الكهربائية من مصادر الطاقة المتجددة في الفترة من عام ٢٠١٠ إلى عام ٢٠٢١

بدائل توليد الطاقة الكهربائية	تكلفة إنشاء وتركيب المحطات بالدولار الامريكي لكل كيلو وات ساعة			تكلفة انتاج الكهرباء بالدولار الامريكي للكيلو وات ساعة		
	متوسط اسعار ٢٠١٠	متوسط اسعار ٢٠٢١	*النسبة المئوية للتغيير	متوسط اسعار ٢٠١٠	متوسط اسعار ٢٠٢١	*النسبة المئوية للتغيير
توليد الكهرباء من الطاقة الكهروضوئية	٤٧٣١	٨٨٣	-٨١٪	٠,٣٨١	٠,٠٥٧	-٨٥٪
توليد الكهرباء من الطاقة المائية	١٢٦٩	١٨٧٠	٤٧٪	٠,٠٣٨	٠,٠٤٤	١٨٪
توليد الكهرباء من طاقة الرياح	١٩٧١	١٣٥٥	-٣١٪	٠,٠٨٩	٠,٠٣٩	-٥٦٪

المصدر: International Renewable Energy Agency,2022 ، * بواسطة الباحثة

بنسبة ٤٧٪ ، وبالمقارنة السعرية لتكلفة إنشاء المحطات لكل كيلو وات ساعة يتضح أن أعلى تكلفة في العام ٢٠٢١ هي تكلفة الطاقة المائية حيث بلغت ١٨٧٠ دولار امريكي للكيلو وات، في حين بلغت تكلفة محطات طاقة الرياح ١٣٥٥ دولار أمريكي للكيلو وات، وقد بلغت أقل تكلفة إنشاء لمحطات الطاقة الكهربائية الكهروضوئية حيث بلغت ٨٨٣ دولار أمريكي لكل كيلووات مما يجعلها أقل المحطات من حيث تكلفة الإنشاء، وذلك كما يتضح من الجدول رقم (٢) مما يجعلها من البدائل المرجحة لإنشاء محطات الطاقة الكهربائية بمصر في المستقبل.

ومن خلال تحليل تكلفة الإنتاج للطاقة الكهربائية من مصادر الطاقة المتجددة يتضح من المقارنة لمتوسط الأسعار في ٢٠١٠ ومتوسط الأسعار في سنة ٢٠٢١ أن نسبة التغيير السعري قد إنخفض بنسبة ٨٥٪ لتكلفة إنتاج الطاقة الكهربائية من محطات الطاقة الكهروضوئية، وكذلك إنخفضت نسبة التغيير السعري لتكلفة الطاقة الكهربائية من محطات طاقة الرياح بنسبة ٥٦٪ ، بينما إرتفع تكلفة إنتاج الكيلو وات بنسبة ١٨٪، في محطات الطاقة المائية، أما تكلفة إنتاج الكيلو وات ساعة في عام ٢٠٢١ فكانت أقل تكلفة لطاقة الرياح حيث بلغت ٠,٠٣٩ دولار للكيلو وات ساعة يليها من حيث تكلفة الكيلو وات ساعة من المحطات المائية حيث بلغت ٠,٠٤٤ دولار لكل كيلو وات ساعة، بينما كانت تكلفة إنتاج الكيلو وات ساعة في العام ٢٠٢١ من المحطات الكهروضوئية ٠,٠٥٧ دولار لكل كيلو وات ساعة.

وبالمقارنة بتكلفة إنشاء المحطات التقليدية التي تعمل بالوقود الإحفوري، وتكلفة إنتاج الكيلو وات ساعة منها فقد تم الرجوع الى أخر التعاقدات التي تمت في جمهورية مصر العربية لإنشاء محطات تقليدية لإنتاج الكهرباء من شركة سيمنز العالمية (سيمنز العالمية، ٢٠٢٢) حيث تم التعاقد على ثلاث محطات بطاقة إنتاجية كلية ١٤٤٠٠ ميجا وات أي ١٤٤٠٠×١٠^{٣} كيلووات ساعة، وذلك بتكلفة كلية للتوريد والتركيب قدرها ٦ مليار يورو بما يعادل ٦,٤٢ مليار دولار، ويمكن حساب سعر الوحدة الإنتاجية للكيلو وات ساعة بما قيمته ٤٤٥,٨٣ دولار للكيلو وات ساعة، وبمقارنة تكلفة إنشاء

تلك المحطات التقليدية بتكلفة إنشاء محطات الطاقة الكهربائية من المصادر المتجددة يتضح أنها أقل بكثير من كافة البدائل الموضحة في الجدول رقم (٢) حيث تعادل ٥٠,٥٪ من تكلفة إنشاء محطة إنتاج الطاقة الكهربائية من الطاقة الكهروضوئية، كما تعادل ٣٢,٩ % للمحطات التي تعمل بطاقة الرياح، بينما تعادل ٢٣,٨٪ للحصول على الطاقة الكهربائية من المحطات التي تعمل بطاقة المياه، ومن خلال مقارنة تكاليف الكيلو وات ساعة من المحطات التقليدية التي تعمل بالوقود الاحفوري من واقع الأسعار العالمية من ٠,٠٥ الى ٠,١٧ دولار وبمتوسط قدره ٠,١١ دولار لكل كيلو وات ساعة (Irena,2021)، وبمقارنتها ببدائل إنتاج الطاقة الكهربائية من المصادر المتجددة، يتضح أنها أعلى تكلفة من إنتاج الطاقة من المصادر المائية حيث تمثل ٢٥٠٪ ، وأعلى تكلفة من إنتاج الطاقة من مصادر كهروضوئية حيث تمثل ١٩٢٪، وأعلى تكلفة من إنتاج الطاقة من مصادر الرياح حيث تمثل ٢٨٢,١٪ ، بما يفيد أنه على الرغم من حجم الإستثمارات لإنشاء محطات الطاقة الكهربائية من الوقود الإحفوري بالطرق التقليدية هي الأقل عند المقارنه ببدائل المحطات لتوليد الطاقة الكهربائية النظيفة إلا أن تكلفة الوقود تزيد من تكلفة الإنتاج.

التقييم الإقتصادي لمحطات الطاقة الكهربائية بمصر التي تعمل ببدائل الطاقة

للتقييم الدقيق لما يتم إنتاجه من طاقة كهربائية من المصادر المتعددة، تم تتبع عناصر تكلفة إنشاء وتشغيل المحطات لإنتاج مصر من الطاقة الكهربائية في كلاً من محطات توليد الطاقة الكهربائية التي تعمل بالوقود الإحفوري (غاز – بترول) وكذلك محطات إنتاج الكهرباء التي تعمل من خلال مصادر الطاقة الطبيعية المتجددة (مائية –رياح – كهروضوئية) وقد تم تحديد الأسعار بمرجعية عالمية بالدولار الأمريكي وذلك لضمان التقييم الاقتصادي الدقيق لما يتم إنتاجه من طاقة كهربائية بجمهورية مصر العربية دون تأثير التقييم الاقتصادي بدعم أسعار الكهرباء للمستهلكين.

التقييم الإقتصادي لعناصر وتكلفة إنشاء محطات إنتاج الكهرباء

أظهرت بيانات إنتاج الطاقة الكهربائية المولدة من المحطات المتعددة لبدائل الوقود خلال العام ٢٠٢١ أن إجمالي ما تم إنتاجه من الطاقة الكهربائية قد بلغ ١٨٧,٨٤ تيراوات بما يعادل (١,٨٧٨٤× ١٠ ١١) كيلو وات، وقد تم إنتاج ما مقداره ١٦٨,٦٣ تيراوات بما يعادل (١,٦٨٦٣× ١٠ ١١) كيلو وات من محطات توليد الطاقة الكهربائية من الوقود الإحفوري منهم ٢٥,٥٧ تيراوات من زيت البترول، ١٤٣,٠٦ تيرا وات بوقود الغاز الطبيعي.

كما تم توليد ١٩,٢١ تيراوات من المحطات التي تعمل بالطاقات المتجددة (الطاقة المائية – الطاقة الكهروضوئية– طاقة الرياح) حيث أنتجت محطات توليد الطاقة الكهربائية من المياه ١٣,٢٣ تيراوات بما يعادل (١٣,٢× ١٠ ٩) كيلو وات، ومحطات توليد الكهرباء من الطاقة الكهروضوئية ١,٦٤ تيراوات بم يعادل (١,٦٤ × ١٠ ٩) كيلو وات، كما أنتجت محطات توليد الكهرباء من طاقة الرياح ٤,٣٤ تيراوات بما يعادل (٤,٣٤ × ١٠ ٩) كيلو وات، وكما يتضح أن محطات توليد الطاقة الكهربائية للوقود الإحفوري تنتج ما يعادل ٨٩,٧٧٪ من إجمالي الإنتاج بمصر للعام ٢٠٢١، وأن نسبة ما تم إنتاجه من طاقة كهربائية من محطات الطاقة المتجددة (الطاقة المائية – الطاقة االكهروضوئية – طاقة الرياح) لم تتعدى ١٠,٢٣٪ وذلك للعام ٢٠٢١.

وللتقييم الإقتصادي لمحطات توليد الطاقة الكهربائية المتاحة بمصر للعام ٢٠٢١ من مصادر الطاقة المتعددة الإحفورية والمتجددة، فقد تم حساب إجمالي التكاليف من تلك المحطات وتكلفة إنتاج الكيلو وات بالأسعار العالمية الموثقة بالدولار الأمريكي لتلك المحطات المتاحة، ويوضح الجدول رقم (٣) كمية الإنتاج وعناصر التكلفة لبدائل محطات إنتاج الكهرباء، وقد تم حساب إجمالي تكلفة إنشاء المحطات بالدولار الأمريكي مع إفتراض أن قدرات المحطات قد تم حسابها من خلال إجمالي الإنتاج لكلاً منها، وعدد ساعات العمل السنوية ٣٥٠ يوم عمل سنوياً بواقع ١٠ ساعات

عمل يومياً، كما تم إضافة أعباء تكاليف التمويل بواقع ٢,٥٪ من التكلفة الكلية لإنشاء المحطات بالدولار الأمريكي، كما تم الأخذ بعين الإعتبار في التقييم الإقتصادي التكلفة السنوية للإهلاك لتلك المحطات.

حيث تبين من الجدول رقم (٣) أن إجمالي التكلفة اللازمة لإنشاء المحطات المكافئة بالأسعار العالمية لعام٢٠٢١ بقدرة كلية قدرها ١٨٧,٨٤ تيراوات تعادل ٣,٠٦×١٠ ١٠ دولار أمريكي، وأن تكلفة المحطات التي تعمل بالوقود الإحفوري تمثل ٧٠,١٪ من إجمالي تكلفة محطات توليد الكهرباء، وأن نسبة تكلفة محطات توليد الكهرباء من الطاقة المائية تعادل ٢٣,٠٧٪ من إجمالي تكلفة محطات إنتاج الكهرباء بمصر، وأن نسبة تكلفة محطات توليد الكهرباء من الطاقة الكهروضوئية تعادل ١,٣٥٪ من إجمالي تكلفة محطات إنتاج الكهرباء بمصر، وأن نسبة تكلفة محطات توليد الكهرباء من طاقة الرياح تعادل ٥,٤٨٪ من إجمالي تكلفة محطات إنتاج الكهرباء بمصر.

وكما يتضح أن أقل تكلفة لوحدة الإنشاء لمحطات توليد الطاقة الكهربائية بأسعار ٢٠٢١ هي على النحو التالي محطات الكهرباء التي تعمل بالوقود الإحفوري ٤٤٥,٨٣ دولار/ كيلووات ساعة، ومن ثم محطات توليد الكهرباء من الطاقة الكهروضوئية والتي تعادل ٨٨٣ دولار/ كيلووات ساعة، ومن ثم يليها محطات توليد الطاقة الكهربائية من طاقة الرياح والتي تعادل ١٣٥٥دولار/ كيلووات ساعة، وتأتي أخيراً محطات توليد الطاقة من المصادر المائية والتي تعادل١٨٧٠دولار/ كيلووات ساعة.

وعلى الرغم من الإنخفاض النسبي لوحدة تكلفة إنشاء محطات الطاقة الكهربائية التي تعمل بإستخدام الوقود الإحفوري، وإختلاف الطاقة الإنتاجية من تلك المحطات إلا أنه لايمكن إتخاذ القرار الإقتصادي بإختيار المحطة طبقاً لتكاليف إنشاء المحطات فقط ولكن ينبغي الأخذ بعين الإعتبار للتقييم الاقتصادي لتكاليف التشغيل والتكاليف الإقتصادية المترتبة على الأثر البيئي، وبالتالي إجمالي التكلفة الإقتصادية لإنتاج الكهرباء.

التقييم الإقتصادي لعناصر وتكلفة التشغيل لمحطات إنتاج الكهرباء :

نظراً للأهمية الإقتصادية لوحدة تكاليف التشغيل لإنتاج الكهرباء وإختلافها مع إختلاف نوع الطاقة التي تعمل بها المحطة، فقد تم تحليل عناصر تكلفة التشغيل للكيلو وات ساعة طبقاً لبدائل مصادر الطاقة (إحفورية– مائية– كهروضوئية – رياح).

وكما يتضح بالجدول رقم (٣) أن وحدة تكاليف التشغيل للكيلو وات ساعة لمحطات الوقود الإحفوري قد بلغت ٠,١١ دولار أمريكي| كيلو وات ساعة ، بينما تبلغ وحدة تكاليف التشغيل لإنتاج واحد كيلو وات ساعة بإستخدام الطاقة الكهروضوئية ٠,٠٥٧ دولار، وبما يعادل نسبة قدرها ٥١,٨ % من تكلفة التشغيل بمحطات إنتاج الكهرباء التي تعمل بالوقود الإحفوري، بينما بلغت وحدة تكاليف التشغيل للكيلواوات ساعة في محطات الطاقة المائية ٠,٠٤٤ دولار/ كيلو وات ساعة وبما يعادل نسبة قدرها ٤٠٪ من تكلفة التشغيل بمحطات إنتاج الكهرباء التي تعمل بالوقود الإحفوري، في حين بلغت أقل قيمة لمعامل تكلفة تشغيل بالكيلو وات ساعة بالمحطات التي تعمل بطاقة الرياح والتي بلغت ٠,٠٣٩ دولار/ كيلو وات ساعة وبنسبة قدرها ٣٥,٤٥٪ من تكلفة التشغيل بمحطات إنتاج الكهرباء التي تعمل بالوقود الإحفوري، ويتضح بكل تأكيد التفاوت الملحوظ في تكلفة التشغيل طبقاً لكمية الطاقة المنتجة ومعامل تكاليف التشغيل لبدائل وحدات إنتاج الطاقة.

الجدول رقم (٣)عناصر التكلفة لانتاج الطاقة الكهربائية بمصر للمحطات المختلفة بالمرجعية العالمية لكلاً من تكاليف انشاء المحطة وتكاليف التشغيل

البيان	انتاج الكهرباء من الوقود الاحفوري	انتاج الكهرباء من من طاقة المياه	انتاج الكهرباء من الطاقة الكهروضوئية	انتاج الكهرباء من من طاقة الرياح	الإجمالي
إجمالي انتاج الكهرباء بالكيلو وات ساعة لعام ٢٠٢١	١٠×١,٦٨٦٣ ^{١١}	١٠×١,٣٢ ^{١٠}	١٠×١,٦٤ ^{٩}	١٠ ×٤,٣٤ ^{٩}	١٠×١,٨٧٨٤ ^{١١}
النسبة المئوية لكمية المنتج من الطاقة الكهربائية من المحطات المختلفة	٨٩,٧٧٪	٧,٠٤٪	٠,٨٧٪	٢,٣١٪	١٠٠٪
القدرة الانتاجية للمحطة بالكيلو وات ساعة	١٠×٤,٨٢ ^{٧}	١٠ × ٣,٧٨ ^{٦}	١٠ × ٤,٦٩ ^{٥}	١٠ × ١,٢٤ ^{٦}	–
وحدة تكاليف انشاء المحطات بمرجعية أسعار ٢٠٢١ دولار لكل كيلو وات ساعة	٤٤٥,٨٣	١٨٧٠	٨٨٣	١٣٥٥	–
اجمالي تكلفة إنشاء المحطات دولار أمريكي	١٠ × ٢,١٥ ^{١٠}	١٠ × ٧,٠٧ ^{٩}	١٠ × ٤,١٤ ^{٨}	١٠ × ١,٦٨ ^{٩}	١٠×٣,٠٦ ^{١٠}
النسب المئوية لتكلفة إنشاء المحطات دولار أمريكي بأسعار ٢٠٢١	٧٠,١٠٪	٢٣,٠٧٪	١,٣٥٪	٥,٤٨٪	١٠٠٪
قيمة التكاليف التمويلية بمعدل ٢,٥٪ دولار أمريكي	١٠ × ٥,٣٧ ^{٨}	١٠× ١,٧٧ ^{٨}	١٠×١,٠٣ ^{٧}	١٠ ×٤,٢٠ ^{٧}	–
وحدة تكاليف التشغيل دولار لكل كيلو وات ساعة	٠,١١	٠,٠٤٤	٠,٠٥٧	٠,٠٣٩	–
اجمالي تكاليف التشغيل السنوية دولار أمريكي	١٠ × ١,٨٥ ^{١٠}	١٠ × ٥,٨٢ ^{٨}	١٠ × ٩,٣٥ ^{٧}	١٠ × ١,٦٩ ^{٨}	١٠ × ١,٩٤ ^{١٠}
النسب المئوية لتكلفة تشغيل المحطات المتاحة بالدولار الأمريكي بأسعار ٢٠٢١	٩٥,٦٤٪	٣,٠٠٪	٠,٤٨٪	٠,٨٧٪	١٠٠٪
تكاليف إزالة الاثار السلبية للكربون دولار	١٠ × ٤,٥٧ ^{٩}	٠	٠	٠	–
التكاليف السنوية للاهلاك دولار امريكي	١٠ ×٧,١٦ ^{٨}	١٠ × ٢,٣٦ ^{٨}	١٠ ×١,٣٨ ^{٧}	١٠ × ٥,٦٠ ^{٧}	١٠ ×١,٠٢ ^{٩}
النسبة المئوية للاهلاك	٧٠,٠٩٩٪	٢٣,٠٦٨٪	١,٣٥٠٪	٥,٤٨٣٪	١٠٠٪
اجمالي التكاليف الكلية السنوية دولار امريكي	١٠ × ٢,٤٤ ^{١٠}	١٠ × ٩,٩٤ ^{٨}	١٠ ×١,١٨ ^{٨}	١٠ ×٢,٦٧ ^{٨}	١٠ ×٢,٥٧ ^{١٠}
النسبة لاجمالي التكاليف الكلية السنوية دولار امريكي	٩٤,٦٤٪	٣,٨٦٪	٠,٤٦٪	١,٠٤٪	١٠٠٪
متوسط تكلفة انتاج الكيلو وات ساعة بالدولار	٠,١٤٤٥	٠,٠٧٥٢	٠,٠٧١٧	٠,٠٦١٦	–
متوسط تكلفة انتاج الكيلو وات ساعة بالجنيه المصري بأسعار ٢٠٢١	٢,٢٦٩	١,١٨٠	١,١٢٦	٠,٩٦٧	–

المصدر : تم عمل جميع الحسابات بالجدول من خلال الباحثة ، تكاليف الانشاء والتشغيل بالاسعار العالمية* من خلال International Renewable Energy Agency,2022

وكما يتضح بالجدول رقم (٣) من خلال كمية الإنتاج السنوي من الكهرباء من كافة المحطات المتاحة بمصر في العام ٢٠٢١ ومن خلال مرجعية الأسعار العالمية بالدولار لتكلفة التشغيل لإنتاج الطاقة الكهربائية بالدولار الأمريكي للمحطات التي تعمل ببدائل الطاقة حيث تم حساب إجمالي تكاليف التشغيل السنوية كدالة في إجمالي الإنتاج ومعامل تكاليف التشغيل لبدائل إنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة المتعددة، حيث بلغت ١,٩٤ × ١٠ ^١٠ دولار أمريكي للعام ٢٠٢١ لإجمالي ماتم إنتاجه ١٨٧,٨٤ تيراوات، وبمتوسط عام لتكلفة التشغيل لما تم إنتاجه بمقدار ٠,١٠٣ دولار/ كيلو وات ساعة، في حين أن قيمة تكاليف التشغيل بمحطات إنتاج الكهرباء التي تعمل بالوقود الاحفوري قد بلغت ١,٨٥×١٠^١٠ دولار أمريكي وبنسبة قدرها٩٥,٦٪ من إجمالي تكاليف التشغيل لكافة المحطات، بينما بلغت إجمالي تكلفة التشغيل لإنتاج الطاقة الكهربائية المولدة من محطات الطاقة الكهربائية التي تعمل بطاقة المياه ٥,٨٢ × ١٠ ^٨ دولار أمريكي، وبما يعادل نسبة قدرها ٣٪ من قيمة تكاليف التشغيل لكافة المحطات.

وأن قيمة تكاليف التشغيل لما تم إنتاجه من كهرباء من محطات الطاقة الكهروضوئية تعادل ٩,٣٥ × ١٠ ^٧ دولار أمريكي وبنسبة قدرها ٠,٤٨٪ من إجمالي تكاليف تشغيل كافة محطات إنتاج الكهرباء، وأن قيمة تكاليف التشغيل لمحطات الطاقة الكهربائية من طاقة الرياح تعادل ١,٦٩ × ١٠ ^٨ وبنسبة قدرها ٠,٨٧٪ من إجمالي تكاليف التشغيل لكافة المحطات لإنتاج الكهرباء بمصر في العام ٢٠٢١.

ضريبة الكربون ، تم حساب تكاليف إزالة الأثار السلبية لإستخدام الوقود الإحفوري بمحطات توليد الطاقة الكهربائية للعام ٢٠٢١ وذلك لتوليد ١٦٨,٦٣ تيراوات في العام ٢٠٢١ بإستخدام الوقود الإحفوري والذي نتج عنه مخلفات كربونية قدرها ٧٩,٤٠٤ مليون طن كربون، وذلك طبقاً لمعدلات قدرها ٤٧٠,٨٧٩ جرام كربون يتم تولده لكل كيلو وات ساعة طبقاً للمعدلات العالمية (IEA,2021)، ويستوجب إنتاج وانبعاث ٧٩,٤٠٤ مليون طن كربون تحمل تكاليف قدرها ٥٧,٥ دولار لكل طن من

ثاني اكسيد الكربون (Parry, I., & others,2014) لإزالة الأثار السلبية الناجمة عنه والتي تعادل قيمة قدرها ٤,٥٧ × ١٠ ٩ دولار أمريكي.

ولضريبة الكربون أهمية خاصة حيث تمثل أداة فعالة تحقق منها الدول تطور كبير في الإنتاج وإستخدام الآلآت والمعدات التي تعمل بالطاقة النظيفة، كما تحث الشركات على تطوير الآلآت وخفض الإنبعاثات العادمة كهدف إقتصادي للتطوير بما يمكن من تشجيع التغيرات في أنماط الإنتاج والإستهلاك وتحقيق التنمية المستدامة ودعم النمو منخفض الكربون، حيث أظهرت البحوث (Parry, & others,2014 ,.I) القيمة الإيجابية لضريبة الكربون بما حقق تطوير للإنتاج ودعم الإبتكار في الإنتاج الأنظف.

وكما يتضح من إجمالي الطاقة الكهربائية المولدة بجمهورية مصر العربية من كافة المحطات إنخفاض كمية الطاقة المولدة من المحطات التي تستخدم مصادر الطاقة المتجددة، وأن النسبة الأكبر من الطاقة الكهربائية يتم توليدها من خلال المحطات التي تعمل بالوقود الإحفوري، ولتحقيق الإرتقاء البيئي وتحسين حالة المناخ، وتقليل الإنبعاثات الكربونية، يجب تفعيل ضريبة الكربون والتي تقلل بشكل عام إستخدام الوقود الإحفوري في إنتاج الكهرباء.

كما تم حساب تكاليف الإهلاك السنوية لمحطات توليد الطاقة الكهربائية مع إفتراض أن العمر التشغيلي الكلي لتلك المحطات يعادل ٣٠ عاماً حيث بلغ إجمالي تكلفة الاهلاك لكافة المحطات ١,٠٢ ×١٠ ٩ دولار أمريكي، ويبين الجدول النسب المئوية لتكاليف الإهلاك لكلاً من تلك المحطات.

كما تم حساب إجمالي التكاليف الكلية السنوية بالدولار الأمريكي كدالة في أعباء تكاليف الإنشاء لكلاً من الإهلاك والتمويل، وتكاليف التشغيل، وتكاليف ضريبة الكربون، حيث بلغت إجمالي التكلفة السنوية لكلاً منهم ٢,٥٧ × ١٠ ١٠ دولار أمريكي للعام ٢٠٢١، وبلغت إجمالي التكلفة الكلية ٩٤,٦٤ % لمحطات إنتاج الكهرباء للوقود الاحفوري من التكلفة الكلية السنوية، وبلغت إجمالي التكلفة الكلية ٣,٨٦٪ لمحطات

إنتاج الكهرباء من الطاقة المائية من التكلفة الكلية السنوية، وبلغت اجمالي التكلفة الكلية ٠,٤٦٪ لمحطات إنتاج الكهرباء من الطاقة الكهروضوئية من التكلفة الكلية السنوية، وبلغت إجمالي التكلفة الكلية ١,٠٤٪ لمحطات إنتاج الكهرباء من طاقة الرياح من التكلفة الكلية السنوية.

هذا وقد تم حساب متوسط تكلفة الكيلو وات من كافة المحطات من خلال إجمالي التكلفة وإجمالي إنتاج الكهرباء من تلك المحطات لكلاً منهم، حيث تبين أن متوسط تكلفة الكيلو قد بلغت ٠,١٤٤٥ دولار أمريكي بالمحطات التي تعمل بالوقود الإحفوري (٢,٢٦٩ جنيه مصري)، بينما بلغت متوسط تكلفة إنتاج الكيلو وات ٠,٠٧٥٢ دولار أمريكي من محطات إنتاج الكهرباء التي تعمل بطاقة المياه (١,١٨٠ جنيه مصري)، وبلغت متوسط تكلفة إنتاج الكيلو وات ٠,٠٧١٧ دولار أمريكي من محطات إنتاج الكهرباء التي تعمل بالطاقة الكهروضوئية (١,١٢٦ جنيه مصري)، بينما بلغت متوسط تكلفة إنتاج الكيلو وات ٠,٠٦١٦ دولار أمريكي من محطات إنتاج الكهرباء التي تعمل بطاقة الرياح (٠,٩٦٧ جنيه مصري).

وكما يتضح أن أعلى تكلفة لمتوسط سعر إنتاج الكيلو وات ساعة من الكهرباء لما تم توليده من المحطات التي تعمل بالوقود الإحفوري، يليها متوسط سعر تكلفة الكيلو وات ساعة من الكهرباء من المحطات التي تنتج من طاقة المياه حيث تمثل ٥٢,٠٤٪ من تكلفة متوسط سعر إنتاج الكيلو وات من الكهرباء للمحطات التي تعمل بالوقود الاحفوري، يليها متوسط سعر تكلفة الكيلو وات ساعة من الكهرباء من محطات الطاقة الكهروضوئية والتي بلغت ٤٩,٦٪ من تكلفة متوسط سعر إنتاج الكيلو وات من الكهرباء للمحطات التي تعمل بالوقود الإحفوري، يليهم من حيث أقل الأسعار متوسط سعر تكلفة الكيلو وات ساعة لمحطات إنتاج الكهرباء بطاقة الرياح والتي بلغت نسبة قدرها ٤٢,٦٪ من تكلفة متوسط سعر إنتاج الكيلووات من الكهرباء للمحطات التي تعمل بالوقود الإحفوري، أي أنه من خلال الدراسة الإقتصادية بالبحث لكلاً من

إجمالي تكلفة الإنتاج للطاقة الكهربائية في العام ٢٠٢١، وإجمالي تكاليف كلاً من تكاليف التشغيل وتكاليف الإنشاء للمحطات يتضح أن أقل تكلفة لإنتاج الكيلو وات للكهرباء يتحقق من محطات الطاقة الكهربائية بإستخدام طاقة الرياح.

دراسة إقتصادية لبدائل تلبية إحتياجات مصر من الطاقة الكهربائية حتى عام ٢٠٣٥

من خلال الدراسة الإقتصادية التي يقدمها البحث لتقييم محطات توليد الكهرباء العاملة بمصر في عام ٢٠٢١ سواء منها التي تعمل بالوقود الإحفوري أو التي تعمل بمصادر الطاقة المتجددة، سوف يتم تحديد إحتياجات مصر من الطاقة الكهربائية بالمعايير القومية وبمرجعية الخطة الإستيراتيجية لمصر للتنمية المستدامة والمتكاملة لتوليد الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة (الطاقة المائية – الطاقة الكهروضوئية – طاقة الرياح)، فمن خلال إجمالي إستهلاك الكهرباء في مصر في العام ٢٠٢١ والتي بلغت ١٨٧,٨٤ تيرا وات، وكان تعداد السكان في تلك العام ١٠٤,٢٥٨ مليون نسمة (World Bank, World Development Indicators, UN Population Division,2022)، ومتوسط إستهلاك الفرد سنوياً من الكهرباء لكلاً منهم يساوي ١٨٠١,٧ كيلو وات ساعة (Statistical Review of World Energy – BP,2022)

ونظراً للأهمية المرجعية لتلبية إحتياجات المواطنين من الطاقة الكهربائية بالمعدلات القياسية المصرية لضمان تحقق الأداء والإرتقاء الإقتصادي للمواطن المصري لكافة القطاعات، فقد تم حساب إجمالي تعداد السكان المتوقع للعام ٢٠٣٥ من خلال معدل النمو السكاني بمصر والذي تم الحصول عليه بشكل متدرج من (World Bank, World Development Indicators, UN Population Division,2022) بمرجعية عام٢٠٢١، حيث تبين أنه من المتوقع أن يصل إجمالي تعداد السكان في عام ٢٠٣٥ الى ١٢٩,٩١٥٧ مليون نسمه أي بمعدل زيادة في تعداد السكان عن عام ٢٠٢١ بمقدار ١٢٤,٦١٪، وبإفتراض ثبات متوسط معدل إستهلاك الفرد للكهرباء

على المستوى القومي بمعدلات عام٢٠٢١، يمكن حساب إجمالي الطاقة الكهربائية المطلوب إضافتها لتلبية الإحتياجات المصرية الكلية من الكهرباء في عام ٢٠٣٥ بما يكافىء ٢٣٤,٠٦٩ تيراوات أي أن الأمر يتطلب دعم إنشاء محطات جديدة للطاقة الكهربائية لتلبية الإحتياجات بإجمالي إنتاج طاقة كهربائية بمقدار ٤٦,٢٢٩ تيراوات، أي زيادة الطاقة المتولدة عن عام ٢٠٢١ بنسبة قدرها ٢٤,٦١٪ ومن خلال الدراسة الإقتصادية في هذا البحث لإنتاج مصر للكهرباء من بدائل مصادر توليد الطاقة والتي بينت أهمية إستخدام محطات الطاقة الكهربائية التي تعمل بالطاقة المتجددة لتلبية الزيادة في الإحتياجات من الطاقة الكهربائية (الطاقة المائية – الطاقة الكهروضوئية – طاقة الرياح) ، مع المحافظة على إستمرار تشغيل المحطات التي تعمل بالوقود الإحفوري لتلبية الإحتياجات القومية المسائية من الطاقة الكهربائية دون الحاجة لمحطات التخزين والتكاليف التابعة لإنشاءها، ويقدم البحث تقييم إقتصادي لبدائل إنشاء محطات توليد الطاقة الكهربائية من المصادر المتجددة لتلبية الإحتياجات من الكهرباء للعام ٢٠٣٥ بالأسعار المرجعية والمعلنة للعام ٢٠٢١، مع ملاحظة أن تحقيق إنشاء وتشغيل المحطات من المصادر المتجددة للعام ٢٠٣٥ يتطلب البدء الفعلي للتخطيط وبدء التنفيذ في توقيت محدد لتوفير الإحتياجات المستقبلية من الكهرباء بالقدرات اللازمة حتى عام ٢٠٣٥.

ونظراً لتبني الخطة الإستيراتيجية المصرية لزيادة إستخدام مصادر الطاقة المتجددة في إنتاج الكهرباء بهدف تقليل الإنبعاثات الكربونية، وتعظيم الإستفادة من مصادر الطاقة المتجددة في مصر والتي يتم توظيفها بالفعل حالياً في إنتاج الكهرباء بنسب محدودة للإنتاج، سوف يتم مقارنة بدائل محطات إنتاج الطاقة الكهربائية من مصادر الطاقة المتجددة (الطاقة المائية – الطاقة الكهروضوئية– طاقة الرياح) وذلك لإجمالي الطاقة الكهربائية المطلوب زيادتها وعناصر التكاليف لإنشاء المحطات وتكاليف التشغيل وكافة المعاملات اللازمة لتقييم تكلفة الانتاج، مع إفتراض ٣٥٠ يوم عمل، و ١٠ ساعات عمل يومياً، وتكاليف تمويل بواقع ٢,٥٪ دولار أمريكي مع

حساب التكلفة السنوية للاهلاك بواقع عمر افتراضي للتشغيل ثلاثون عاماً. وكما يتضح من خلال الجدول رقم (٤) وحساب تكلفة إنشاء المحطات بالدولار الأمريكي، ولذلك أهمية خاصة حيث يتطلب توفير الإعتمادات للإنشاء قبل التشغيل، حيث تبين أن إجمالي تكلفة إنشاء المحطات اللازمة لتوليد ٤,٦٢×١٠^١٠ كيلو وات سنوياً تعادل ٢,٤٧×١٠^١٠ دولار أمريكي، وذلك لمحطات الكهرباء التي تعمل بالطاقة المائية، في حين أن تكلفة المحطات التي تعمل بطاقة الرياح لتوليد نفس القدرة تعادل ١,٧٩×١٠^١٠ دولار أمريكي وبنسبة قدرها ٧٢,٤٪ من تكلفة إنتاج نفس المحطات التي تعمل بالطاقة المائية، كما أن تكلفة إنتاج المحطات المكافئة لتوليد نفس القدرة وكمية الطاقة بإستخدام الطاقة الكهروضوئية تبلغ ١,١٧×١٠^١٠ دولار أمريكي أي أن تلك التكلفة تعادل٤٧,٣٦٪ من تكلفة إنشاء المحطات المثيلة بإستخدام الطاقة المائية للانتاج.

وبذلك يوصي البحث فيما يخص تكلفة الإنشاء أن أفضل البدائل هي المحطات التي تعمل بالطاقة الكهروضوئية ومن ثم المحطات التي تعمل بطاقة الرياح ويأتي أخيراً المحطات التي تعمل بالطاقة المائية.

وبالتقييم الإقتصادي لبدائل محطات توليد الطاقة الكهربائية من حيث مرجعية التكلفة السنوية للتشغيل، يتضح أن تكلفة التشغيل السنوية لمحطات توليد الطاقة الكهربائية التي تعمل بالطاقة المائية تبلغ ٢,٠٣×١٠^٩ دولار أمريكي لإنتاج طاقة قدرها ٤,٦٢×١٠^١٠ كيلو وات، في حين أن تكلفة التشغيل السنوية لبدائل المحطات التي تعمل بالطاقة الكهروضوئية قد بلغت ٢,٦٤×١٠ ^٩ دولار أمريكي أي بنسبة قدرها ١٣٠٪ من تكلفة التشغيل للمحطات العاملة بالطاقة المائية لتوليد نفس كمية الإنتاج ، في حين أن أقل التكاليف السنوية والتي بلغت ١,٨×١٠ ^٩ دولار أمريكي لمحطات توليد الطاقة الكهربائية التي تعمل بطاقة الرياح أي بنسبة تكاليف تشغيل قدرها ٨٨,٧٪ من تكلفة التشغيل لمحطات الكهرباء التي تعمل بالطاقة المائية لتوليد نفس كمية الانتاج.

أي أنه من الناحية الإقتصادية أقل التكاليف السنوية لتشغيل محطات الكهرباء هي محطات توليد الطاقة الكهربائية من طاقة الرياح ، ومن ثم يليها تكلفة التشغيل السنوية لمحطات توليد الطاقة الكهربائية من الطاقة المائية، ويأتي أخيراً تكلفة التشغيل السنوية لمحطات توليد الطاقة الكهربائية من مصادر الطاقة الكهروضوئية.

ومن واقع التكاليف السنوية للإنشاء والتشغيل والأعباء المالية للتمويل وكمية الإنتاج السنوي فقد تم حساب سعر التكلفة للمتوسط المتوقع للكيلووات لبدائل المحطات بالدولار الأمريكي وذلك نظراً للتغير في سعر الصرف، ومن خلال المقارنة لمتوسط تكلفة إنتاج الكيلو وات ساعة يتضح أن محطات توليد الطاقة الكهربائية من طاقة الرياح تمثل أقل التكاليف لسعر إنتاج الكيلووات ساعة، تليها سعر إنتاج الكيلو وات ساعة بمحطات توليد الطاقة الكهربائية من مصادر الطاقة الكهروضوئية، ومن ثم سعر إنتاج الكيلو وات ساعة بمحطات توليد الطاقة الكهربائية من مصادر الطاقة المائية، مع العلم أن كافة البدائل لإنتاج الطاقة الكهربائية من مصادر الطاقة المتجددة قد يتم إنشاء المحطات التي تعمل بها طبقاً لموقع المحطة والساعات اليومية اللازمة للتشغيل.

الجدول رقم(٤) دراسة مقارنة بين بدائل انتاج الطاقة الكهربائية اللازمة لدعم احتياجات مصر في العام ٢٠٣٥

البيان (بدائل الطاقات)	محطات الطاقة المائية لتوليد الكهرباء	محطات الطاقة الكهروضونية لتوليد الكهرباء	محطات طاقة الرياح لتوليد الكهرباء
اجمالي الطاقة الكهربائية للمحطات الجديدة بالكيلو وات لتلبية احتياجات ٢٠٣٥	٤,٦٢ ×١٠١٠	٤,٦٢ ×١٠١٠	٤,٦٢ ×١٠١٠
القدرة الانتاجية للمحطة بالكيلو وات ساعة	١٣٢٠٨٢٨٥,٧١	١٣٢٠٨٢٨٥,٧١	١٣٢٠٨٢٨٥,٧١
وحدة تكلفة انشاء المحطات بالدولار الامريكي	١٨٧٠	٨٨٣	١٣٥٥
إجمالي تكلفة انشاء المحطات بالدولار الامريكي	٢,٤٧ ×١٠ ١٠	١,١٧ ×١٠١٠	١,٧٩ ×١٠ ١٠
قيمة التكاليف التمويلية بمعدل ٢,٥٪ دولار أمريكي	٦,١٧ ×١٠ ٨	٢,٩٢ ×١٠ ٨	٤,٤٧ ×١٠ ٨
وحدة تكاليف التشغيل السنوية بالدولار لكل كيلو وات ساعة	٠,٠٤٤	٠,٠٥٧	٠,٠٣٩
إجمالي تكاليف التشغيل السنوية بالدولار الأمريكي	٢,٠٣ ×١٠ ٩	٢,٦٤ ×١٠ ٩	١,٨ ×١٠ ٩
تكاليف إزالة الاثار السلبية للكربون بالدولار	-	-	-
التكاليف السنوية للاهلاك بالدولار الامريكي	٨,٢٣ ×١٠ ٨	٣,٨٩ ×١٠ ٨	٥,٩٧ ×١٠ ٨
إجمالي التكاليف الكلية السنوية بالدولار الامريكي	٣,٤٧ ×١٠ ٩	٣,٣٢ ×١٠ ٩	٢,٨٥ ×١٠ ٩
متوسط تكلفة انتاج الكيلو وات ساعة بالدولار	٠,٠٨	٠,٠٧	٠,٠٦

المصدر : تم عمل جميع الحسابات بالجدول من خلال الباحثة ، اما السعر العالمي* من خلال International Renewable Energy Agency,2022

وبالتالي تعتبر مصدر الطاقة المرجحة في هذا البحث لإستكمال إحتياجات مصر من الطاقة الكهربائية من مصادر متجددة من حيث أقل الأسعار للكيلو وات ساعة هو محطات إنتاج الطاقة الكهربائية من طاقة الرياح.

ويبين الجدول رقم (٥) حساب متوسط سعر إنتاج الكيلو وات ساعة في العام ٢٠٣٥، حيث تم إستخدام كافة المحطات العاملة في إنتاج الكهرباء في العام ٢٠٢١، وإضافة محطات إنتاج الكهرباء الجديدة لتلبية الإحتياجات الكلية من الطاقة الكهربائية كما هو مبين بالجدول والذي يوضح أن إجمالي إنتاج الكهرباء المتوقع يصبح ٢,٣٤٠٧ ×١٠ ^١١ كيلو وات ساعة ، والذي تم إستخدامه في حساب التكلفة الكلية لإنتاج الكهرباء في العام ٢٠٣٥ والذي تبين أنها سوف تكافىء ٢,٨٥ × ١٠ ^١٠ دولار أمريكي.

الجدول رقم (٥) التقييم الإقتصادي لإجمالي المحطات المتوقع تشغيلها لتلبية الإحتياجات في عام ٢٠٣٥ ومتوسط سعر الكيلووات ساعة

البيان	إنتاج الكهرباء من الوقود الاحفوري	إنتاج الكهرباء من طاقة المياه	إنتاج الكهرباء من الطاقة الكهروضونية	إنتاج الكهرباء من طاقة الرياح	الاجمالي
اجمالي انتاج الكهرباء بالكيلو وات ساعة لعام ٢٠٢١	١,٦٩ ×١٠ ^١١	١,٣٢×١٠ ^١٠	١,٦ ×١٠ ^٩	٤,٣٤×١٠ ^٩	١,٨٧٨٤×١٠ ^١١
الفروق في اجمالي انتاج الكهرباء بالكيلو وات ساعة لعام لتلبية احتياجات ٢٠٣٥	-	-	-	٤,٦٢٣×١٠ ^١٠	٤,٦٢٢٩×١٠ ^١٠
الاجمالي الكلي لانتاج الكهرباء بالكيلو وات ساعة في سنة ٢٠٣٥	١,٦٩ ×١٠ ^١١	١,٣٢×١٠ ^١٠	١,٦ ×١٠ ^٩	٥,٠٥٧×١٠ ^١٠	٢,٣٤٠٧ ×١٠ ^١١
اجمالي التكاليف الكلية السنوية بالدولار الامريكي لعام ٢٠٢١	٢,٤٤ ×١٠ ^١٠	٩,٩٤×١٠ ^٨	١,٢×١٠ ^٨	٢,٦٧×١٠ ^٨	٢,٥٧٤٧×١٠ ^١٠
اجمالي فروق التكاليف الكلية السنوية بالدولار الامريكي لعام ٢٠٣٥	-	-	-	٢,٨٥×١٠ ^٩	٢,٨٥×١٠ ^٩
الاجمالي الكلي للتكاليف بالدولار الامريكي في عام ٢٠٣٥	٢,٤٤ ×١٠ ^١٠	٩,٩٤×١٠ ^٨	١,٢×١٠ ^٨	٣,١١٤×١٠ ^٩	٢,٨٥٩٤×١٠ ^١٠
تكاليف إزالة الاثار السلبية للكربون بالدولار	٤,٥٧ ×١٠ ^٩	-	-	-	-

المصدر: تم بواسطة الباحثة من خلال دراسات الجدوى التي تمت في هذا البحث

وكما يتضح أن متوسط سعر إنتاج الكيلو وات سوف يصبح ٠,١٢٢ دولار أمريكي في عام ٢٠٣٥ ، ويبين ذلك أهمية الدراسة الإقتصادية لبدائل إنتاج الطاقة الكهربائية من المصادر المتجددة حيث حقق ذلك إنخفاض في تكلفة الإنتاج

لتصبح التكلفة المتوسطة للكيلو وات ٨٩٪ من متوسط تكلفة إنتاج الكيلو وات ساعة في عام ٢٠٢١ والذي يعادل ٠,١٣٧٠٧ دولار أمريكي .

وللتقييم الإقتصادي لتكاليف إزالة الأثار السلبية الضارة للإنبعاثات الكربونية في إنتاج الكهرباء من المحطات التي تعمل بالوقود الإحفوري يتضح أن نسبة تكاليف الأضرار لإزالة الأثار الضارة للكربون قد بلغت ١٧,٧٣٪ من إجمالي التكاليف لعام ٢٠٢١ لإنتاج الكهرباء ، بينما بلغت ١٥,٩٧٪ لإجمالي تكاليف عام ٢٠٣٥ ويرجع ذلك الى إستمرار محطات الوقود الإحفوري في إنتاج الكهرباء بكمية ثابتة (١٦٨,٦٣ تيراوات) في عام ٢٠٢١، وعام ٢٠٣٥ ، ولكنها إنخفضت كنسبة في الإنتاج، ففي عام ٢٠٢١ بلغت نسبتها ٨٩,٧٧٪، وفي عام ٢٠٣٥ بلغت ٧٢,١٪ مما يؤكد على أهمية دعم الإنتاج المستقبلي لإنتاج الكهرباء من الطاقة المتجددة.

النتائج والتوصيات :

- الفرض الأول : تكاليف إنشاء محطات توليد الطاقة الكهربائية بمصر لاتعد عنصر المفاضلة الأمثل للإختيار بين بدائل محطات توليد الطاقة الكهربائية التي تعمل ببدائل الطاقة، وقد ثبت صحة هذا الفرض .

من خلال التقييم الإقتصادي لتكلفة إنتاج الطاقة الكهربائية بمصر بالأسعار العالمية (دولار أمريكي) والتي تعمل ببدائل الطاقة والمبين في الجدول رقم (٣) يتضح أن وحدة تكلفة إنشاء المحطة للكيلو وات لمحطات إنتاج الطاقة الكهربائية العاملة حالياً بتقييم عام ٢٠٢١ بالأسعار العالمية، أن أقل المحطات سعراً في الإنشاء هي محطات الوقود الإحفوري والتي تعادل ٤٤٥,٨٣ دولار لكل كيلو وات ساعة، يليها محطات الطاقة الكهروضوئية والتي تعادل ٨٨٣ دولار لكل كيلو وات ساعة، ثم المحطات التي تعمل بطاقة الرياح والتي تعادل ١٣٥٥ دولار لكل كيلو وات ساعة، وتأتي أخيراً

المحطات التي تعمل بالطاقة المائية بمقدار ١٨٧٠ دولار لكل كيلو وات ساعة، وبإضافة وحدة تكاليف التشغيل لإنتاج الطاقة الكهربائية للتقييم الاقتصادي في العام ٢٠٢١ وحساب التكلفة الكلية لإنتاج الطاقة الكهربائية ، ومتوسط سعر الكيلو وات لكلاً منها ، يتبين أن أقل المحطات في التكلفة لمتوسط سعر الكيلو وات ساعة هي المحطات التي تعمل بطاقة الرياح بمقدار ٠,٩٦٧ جنيه مصري ، ثم المحطات التي تعمل بالطاقة الكهروضوئية بمقدار ١,١٢٦ جنيه مصري ، يليها المحطات التي تعمل بطاقة المياه بمقدار ١,١٨٠ جنيه مصري ، وتأتي أخيراً المحطات التي تعمل بالوقود الإحفوري بمقدار ٢,٢٦٩ جنيه مصري، بما يؤكد صحة الفرض.

-كما يؤكد صحة الفرض نتائج الإستيراتيجية المقترحة من خلال حساب التكلفة الكلية لإنتاج الطاقة الكهربائية بزيادة القدرات المولدة من بدائل المحطات المستخدمة في العام ٢٠٢١، والتي أظهرت أنه بالتقييم النسبي لتكلفة إنتاج الطاقة الكهربائية للعام ٢٠٣٥ بنفس الإستيراتيجية للعام ٢٠٢١ فإن التكلفة السنوية لانتاج كمية قدرها ٢,٣٤٠٧× ١٠ ١١ كيلو وات ساعة سوف تعادل قيمة قدرها ٣,٢٠٨ ×١٠ ١٠ دولار أمريكي ، ولكن في حالة تطبيق الإستيراتيجية المقترحة في هذا البحث، وعلى ضوء دراسة الجدوى الإقتصادية فإن إستكمال الإحتياجات من الطاقة الكهربائية من خلال محطات الطاقة المتجددة (طاقة الرياح) تتحقق تكلفة كلية لإنتاج الكهرباء اللازمة لجمهورية مصر العربية في العام ٢٠٣٥ كما في الجدول رقم (٥) بإنتاج كلي قدره ٢,٣٤٠٧× ١٠ ١١ كيلو وات ساعة وبتكلفة سنوية قدرها ٢,٨٥٩٤×١٠ ١٠ دولار أمريكي ، وهذا يوفر تكاليف إقتصادية كلية لإنتاج الكهرباء بمقدار ٣,٤٩×١٠ ٩ (٣,٤٩ مليار دولار) سنوياً، ويمثل ذلك قيمة إقتصادية إيجابية هامة تدعم الإقتصاد المصري.

- **<u>يوصي البحث</u>** بأهمية إجراء دراسة إقتصادية دقيقة عند إنشاء محطات الطاقة الكهربائية تأخذ بعين الإعتبار التكلفة الكلية السنوية للإنشاء والتشغيل والعمر الإفتراضي للتشغيل وتكاليف التمويل والإهلاك والتكاليف الإقتصادية لإزالة الأثار

البيئية كعناصر أساسية للمفاضلة بين بدائل إختيار محطات توليد الطاقة الكهربائية.

- **يوصي البحث** الأخذ بعين الإعتبار المقومات القومية لتوفر التميز النسبي للطاقات المتجددة لدى الدولة.

الفرض الثاني : يشير تأثير التطور التكنولوجي في تصنيع وحدات محطات توليد الطاقة الكهربائية بإستخدام الطاقة الكهروضوئية بأنها أفضل البدائل من الناحية الإقتصادية لإنشاء المحطات في المستقبل، وقد ثبت عدم صحة هذا الفرض.

بين البحث من خلال دراسة الجدوى لتحديد محطات توليد الطاقة الكهربائية اللازمة لتلبية الزيادة في إحتياجات مصر من الطاقة الكهربائية لمقابلة الزيادة في عدد السكان خلال تلك الأعوام والقطاعات المتعددة الاخرى حيث تمت المقارنة بين التكلفة الكلية لتكلفة إنشاء محطات توليد الطاقة الكهربائية وتكلفة التشغيل السنوية والتكاليف الاقتصادية المتعددة الأخرى مع التوجه الإستيراتيجي نحو إختيار محطات الطاقة الكهربائية التي تعمل ببدائل الطاقة المتجددة (الطاقة المائية، الطاقة الكهروضوئية، طاقة الرياح) كما هو موضح بالجدول رقم (٤) حيث بينت النتائج أن إجمالي إحتياجات مصر الإضافية من الطاقة اللازمة تعادل ٤,٦٢×١٠١٠ كيلووات ساعة، بأنها تتحقق من خلال إنشاء المحطات التي تعمل بطاقة الرياح ، حيث بلغت التكاليف السنوية لانتاج الطاقة الكهربائية لتوفير الاحتياجات ٢,٨٥× ١٠٩ دولار أمريكي، يليها محطات توليد الطاقة الكهربائية المحطات التي تعمل بالطاقة الكهروضوئية حيث بلغت ٣,٣٢ × ١٠ ٩ دولار أمريكي، يليها المحطات التي تعمل بالطاقة المائية والتي بلغت ٣,٤٧ × ١٠٩ دولار أمريكي، كما تبين أن متوسط تكلفة إنتاج الكيلووات ساعة بلغت أقل قيمة لها ٠,٠٦ دولار لكل كيلو وات ساعة لمحطات توليد الطاقة الكهربائية من طاقة الرياح ، يليها متوسط تكلفة الكيلووات ساعة ٠,٠٧ دولار لكل كيلو وات ساعة لمحطات توليد الطاقة الكهربائية من الطاقة الكهروضوئية ، ومن ثم توليد الطاقة

الكهربائية من المحطات التي تعمل بطاقة المياه والتي بلغت متوسط تكلفتها ٠,٠٨ دولار لكل كيلووات ساعة.

وكما يتضح أن إنتاج الطاقة الكهربائية اللازمة لإستكمال المتطلب القومي من الطاقة الكهربائية والذي يعادل ٤,٦٢×١٠١٠ كيلووات ساعة، تعادل تكلفة توليدها ٢,٨٥× ١٠٩ دولار أمريكي من خلال المحطات التي تعمل بطاقة الرياح ، وذلك سوف يحقق وفر سنوي قدره **٤٧٠ مليون دولار** سنوياً عند مقارنة تكلفة توليدها من المحطات التي تعمل بالطاقة الكهروضوئية.

- **يوصي البحث** بتبني مصر إنشاء محطات توليد الطاقة الكهربائية بإستخدام طاقة الرياح لما لها من مردود إقتصادي إيجابي يحقق تميز على كافة البدائل لمحطات توليد الطاقة الكهربائية، بالإضافة الى قدرتها على توليد الطاقة الكهربائية بشكل مستمر خلال ال ٢٤ ساعة يومياً، بما يمكن من إستخدام الطاقة المتولدة منها دون الحاجة إلى تخزين.
- **يوصي البحث** بالتخطيط الإستيراتيجي لتلبية الإحتياجات المستقبلية من الطاقة الكهربائية من الطاقة المتجددة مع الحفاظ على القيمة الإقتصادية لما تم إستثماره في المحطات المتاحة حالياً، مما يدعم التحول التدريجي لتلبية إحتياجات مصر من الطاقة الكهربائية من مصادر الطاقة المتجددة.

المراجع

1- Ahmed ,M., & Shimada,K., " The Effect of Renewable Energy Consumption on Sustainable Economic Development", Graduate School of Economics,Japan,2019.

2- AMK, S., & MS,S., "Environmental Impacts of Renewable", Energy in Egypt ,Cairo University, 2021.

3- Avis,W., "Inclusive and Green Growth in developing countries", University of Birmingham, 2018.

4- Akella,A.,Saini,R., &Sharma,M.,"Social, economical and environmental impacts of renewable energy systems",Indian Institute of Technology, 2009.

5- Blanco, M., ´"The economics of wind energy", Department of Economics, University of Alcala, Spain, 2009.

6 - Bird, L., Milligan, M., and Lew ,D., "Integrating Variable Renewable Energy: Challenges and Solutions",National Renewable Energy Laboratory Technical, United State ,2013.

7-Chao,T.,Yunbao,X.,Chengbo,D.,Bo,L., & Usman,A., "Technological shocks and its influence on renewable energy consumption-green growth: Do financial', Hunan Institute in China, 2022.

8- Darwish,A.,Abdelmohsen,R.,Ahmed,M.,&Megeed,M., "Solar cells: Types, Modules, and Applications–A Review",Tanzania, 2022.

9- Dauchy,E.,&Chen,S.,"International Technology Sourcing and Knowledge Spillovers; Evidence from OECD",International Monetary Fund ,2018.

10- Fan, P., Cho,M., Lin, Z., Ouyang, Z., Qi, J., Chen, J.,& Moran,E., "Recently constructed hydropower dams were associated with reduced economic production, population, and greenness in nearby areas", George Mason University,2022.

11-Fu, R.,Margolis,R.,&Feldman,D.,"U.S. Solar Photovoltaic System Cost", National Renewable Energy Laboratory,2018.

12-GSI,I., "Fossil Fuel to Clean Energy Subsidy Swaps: How to pay for an energy revolution",International Institute for Sustainable Development,2019.

13-Jacobso,N., Krauland, A., Coughlin, S., Palmer, F., & Smith, M, "Zero air pollution and zero carbon from all energy at low cost and without blackouts in variable100%weather throughout the U.S. with wind-water-solar and storage", Stanford University, USA, 2022.

14- Maradin, D., Cerović, L., & Mjeda, T. "Economic Effects of Renewable Energy Technologies",University of Rijeka, Faculty of Economics, Croatia ,2017 .

15- Minnen,J.,Gernaat,D.,Janse,J., Puijenbroek,P., & Ligtvoet, W.,"Hydropower and Water",'The Geography of Future Water Challenges' The Hague: PBL Netherlands Environmental ,2018

16- Miguel, S., & Jorge, A., "Renewable energy: a challenge water in mexico", México ISSN 10150798 vol. 40 (Issue 40), 2019.

17- Mokan,K., Lee,T.,& Ramlan,R., "The Critical Success Factors for Renewable Energy Projects Implementation",UniversitiTun Hussein, Malaysia,2019.

18- Motyka ,M.,Thomson,J.,&Hardin,K.,"renewable energy industry outlook", Deloitte Research Center for Energy & Industrials, India ,2022

19- Mohommad,A.,& Kim,J., "Jobs Impact of GreenEnergy", International Monetary Fund ,2022.

20- Luo,S.,Hu,W.,Liu,W.,Cao,D.,Du,Y.,Zhang,Z., &Chen, Z.,"Impact analysis of COVID-19 pandemic on the future green power", A case study in the Netherlands, Utrecht University,2022

21- Lu, Y., Zhang, Y., Huang, Z., Alvarado , M., Khan , Z., & Imran, M., "A Critical Review of Sustainable Energy Policies for the Promotion of Renewable Energy Sources", Aston University, Birmingham,2020

22- OECD, "Employment Implications of Green Growth: Linking jobs, growth, and green policies", REPORT FOR THE G7 ENVIRONMENT MINISTERS, 2017

23- Peru, H., Díaz, K., Romero,R.,Vargas,F., &Campos,D , " Sustainable Tourism and Renewable Energy's Potential", Florida ,2022.

24- Pollin,R.,"THINK PIECE Global Green Growth for Human Development", UNDP Human Development Report ,2016

25- Razavi, H.," Clean Energy Development in Egypt", The African Development Bank (AfDB), 2012

26- Roy, P., He, J., Zhao, T., & Singh,Y.,"Recent Advances of Wind-Solar Hybrid Renewable Energy Systems for Power Generation", University of Kentucky,2022.2

27-Shah,M.,Salem,S.,Ahmed,B.,Ullah,I.,Rehman,A.,Zeeshan,M., & Fareed,Z.,"Nexus Between Foreign DirectInvestment Inflow, RenewableEnergy Consumption, Ambient Air Pollution, and Human Mortality: APublic Health Perspective FromNon-linear ARDL Approach", Jeddah University, Saudi Arabia,2022.

28- Statistical Review of World Energy - BP,2022.

29-Tawiah,V.,Zakari,A.,& Adedoyin,F.,"Determinants of green growth in developed and developing countries",Environmental Science and Pollution Research,OECD,2021.

30- U.S. Department of the Interior,"Public Land Renewable Energy",Bureau of Land Management,Report to Congress, 2022.

31- Wisniewska,A., Kopcewicz,K.,&Pypłacz,P., "Antecedents of young adults' willingness to support brands investing in renewable energy sources",Faculty of Management, University of Warsaw,Poland, 2022.

32-World Bank, World Development Indicators, UN Population Division,2022.