

الثورة الصناعية الرابعة ودورها في تطوير كفاءة استخدام الطاقة

أ.م.د أحمد جاسم جبار الياصري

كلية الادارة والاقتصاد، جامعة الكوفة

Ahmedj.alyaseri@uokufa.edu.iq

م.د. رائد صياد علي

كلية الادارة والاقتصاد، جامعة ميسان

raid_saiadali@uomisan.edu.iq

استلام البحث: 28/08/2021 مراجعة البحث: 09/09/2021 قبول البحث: 10/09/2021

ملخص الدراسة:

ان الثورة الصناعية الرابعة من شأنها ان تخفض تكاليف انتاج الطاقة، بالإضافة الى ايجاد حلول للمشاكل التقنية والفنية التي تواجه انتاج تلك المصادر، فمشكلة التباين في الانتاج ومشكلة تعقب افضل نقطة للإشعاع الشمسي ظلت مشاكل قائمة في قطاع الطاقة الشمسية الى ان وجدت حلولاً لها من خلال خوارزميات وتطوير الألواح الشمسية لتعقب افضل نقطة للإشعاع الشمسي وبالتالي زيادة كفاءة التوليد من خلال العامل التكنولوجي. ان العالم اليوم يقف امام مفترق طرق فيما يتعلق بملف الطاقة وهذا بفعل عوامل متعددة تتمثل في النضوب الطبيعي للمصادر التقليدية للطاقة من جهة والاثار السلبية المتركمة من استخدام تلك المصادر من جهة اخرى كالتغيرات المناخية وانحباس الحراري والتلوث البيئي المفرط والمرتبط بحرق كميات يومية من الوقود الاحفوري تصل كمية انبعاثها جريان نهر الفرات. ومن جانب اخر فأن شحن المستقبل بالطاقة يواجه سيناريوهات متعددة، لكن الاقرب للتحقق هو السيناريو المرتبط في تطوير كفاءه الطاقة و خفض كثافه الطاقة، وذلك من خلال اشراك المصادر المتجددة والجديدة للطاقة لكي تلعب دوراً هاماً في ميزان الطاقة العالمي وبالتالي فان الطاقة المتجددة تتحول من طاقه مكمله في الوقت الحاضر الى طاقه بديله في المستقبل.

الكلمات المفتاحية: الثورة الصناعية الرابعة، انتاج الطاقة، المصادر المتجددة

The Fourth Industrial Revolution and its development of energy efficiency

Ahmed J. J. Al- yasirey

College of Administration and Economics, University of Kufa

Raed S. Ali

College of Administration and Economics, University of Missan

Abstract:

The fourth industrial revolution will reduce the costs of energy production, in addition to finding solutions to the technical and technical problems facing the production of these sources, the problem of variation in production and the problem of tracking the best point of solar radiation remained problems in the solar sector until it found solutions through algorithms and the development of solar panels to track the best point of solar radiation and thus increase the efficiency of generation through the technological factor. The world today stands at a crossroads with regard to the energy file, due to multiple factors: the natural depletion of traditional sources of energy on the one hand and the accumulated negative effects of the use of those sources on the other, such as climate change, warming, excessive environmental pollution associated with the burning of daily quantities of fossil fuels, up to the amount of emission of the Euphrates River. On the other hand, charging the future with energy faces multiple scenarios, but the closest to verification is the scenario associated with the development of energy efficiency and reducing energy density, by involving renewable and new energy sources in order to play an important role in the global energy balance and therefore renewable energy is shifting from complementary energy at present to alternative energy in the future.

Keywords: The fourth industrial revolution, energy production, renewable sources

المقدمة

ان التقدم العلمي الواضح على مستوى العالم يلقى بظلاله على كافة المرافق الانتاجية والاستهلاكية على مستوى العالم، وقطاع الطاقة المتجددة واحدة من هذه المرافق التي تأثرت بشكل كبير بالثورة الصناعية الرابعة، اذ تمتلك المصادر فرص واعدة لكي تكون طاقة بديلة في المدى البعيد، تتمثل تلك الفرص في الوفورات الاقتصادية التي تحققها، من خلال التقدم التكنولوجي المتصاعد، من خلال خلق موثوقية للمصادر المتجددة للطاقة، وبدأت الشكوك العالمية تتلاشى تدريجياً حول عدم قدرة الطاقة المتجددة على اختراق الاسواق، فمنذ عام 2010 قامت الدول الصناعية والدول المتحولة وبعض الدول النامية بتبني اجراءات وسياسات جديدة لتمكين الطاقة المتجددة، مع تصاعد القلق العالمي من مشاكل التلوث البيئي وما ينجم عنه من مخاطر مستقبلية تتمثل بالتغيرات المناخية، والتي يكون سببها الاساسي زيادة استهلاك الوقود الاحفوري، لذلك فان رفع كفاءة الطاقة يتمثل من خلال زيادة المصادر المتجددة للطاقة وتقليل استهلاك المصادر التقليدية، اذ يعرف موضوع ادارة العرض والطلب من الطاقة بأنه طويل المدى ويبنى على شكل سيناريوهات مختلفة في ظل المعطيات الحالية، وقد بنيت الدراسة على سيناريو تحقيق زيادة كفاءة الطاقة من خلال مجموعة اجراءات تؤدي الى زيادة استهلاك الطاقة المتجددة وتقليل استخدام الطاقة

التقليدية، وبذلك ستكون الطاقة المتجددة مكملة في الوقت الراهن وبديلة في المدى البعيد، وبالتأكيد فان للتطور التكنولوجي المتزايد دور كبير في دفع الطاقة المتجددة الى الامام وزيادة نسبة مساهمتها في ميزان الطاقة العالمي, جنباً الى جنب مع حالة الثورة الصناعية الرابعة التي يعيشها العالم اليوم.

اهمية الدراسة:

تكتسب الدراسة اهميتها من كونها تسعى الى معرفة دور الثورة الصناعية الرابعة في تطوير كفاءة استخدام الطاقة و التطور التكنولوجي في الطاقات المتجددة.

هدف الدراسة:

تهدف الدراسة الى التعرف على دور الثورة الصناعية الرابعة في رفع كفاءة الطاقة المتجددة, والتعرف على التطورات الحاصلة فيها بمختلف انواعها, كالطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الكهرومائية, واستشراف مستقبل الطاقة من خلال استخدام التكنولوجيا التي ستزيد من كفاءة الطاقة المتجددة وخفض تكاليفها, وبالتالي ستكون طاقة مكملة في الوقت الراهن وطاقة بديلة في المستقبل.

مشكلة الدراسة:

تكن مشكلة الدراسة في ان التطور التكنولوجي له دور كبير في زيادة كفاءة الطاقة , مما ترتب عليه السعي الى الاهتمام بتطوير تكنولوجيا الطاقة المتجددة, لغرض جعلها طاقة بديلة في المستقبل, فضلا عن دورها الفعال في المحافظة على التوازن البيئي.

فرضية الدراسة:

تتطلق الدراسة من فرضية مفادها, ان الثورة الصناعية الرابعة لها دور كبير في تطوير تكنولوجيا الطاقة المتجددة والتي يمكن ان تجعل منها طاقة مكملة في الوقت الراهن, وطاقة بديلة في المستقبل.

منهجية الدراسة:

اعتمدت الدراسة على الجمع بين المنهج الاستقرائي والاسلوب التحليلي (الوصفي) ومنهج الاستشراف المستقبلي, فقد استخدم المنهج التحليلي الوصفي في توصيف كفاءة وسوق الطاقة المتجددة , واستقراء اتجاهاتها املاً في تحديد المتغيرات الفاعلة في صياغة حركة هذا السوق, وهنا كان لابد من الاستعانة بمنهج الاستشراف المستقبلي في صياغة افاق التطورات المستقبلية لسوق الطاقة المتجددة والعوامل الفاعلة في رفع كفاءتها.

لمحة تاريخية للثورات الصناعية المتعاقبة

ان اول ثوره صناعيه حدثت في عام 1769 والتي تسمى ثوره الآلات, اذ تم استخدام المحرك البخاري في التطبيقات الصناعية والزراعية والتحول في نمط الانتاج من الاعتماد على الايدي العاملة الى الاعتماد على الآلات البخارية. وفي نهاية القرن التاسع عشر بدأت التطورات التكنولوجية في ايجاد مصادر جديده للطاقة كالنفط والغاز والطاقة الكهربائية وما ترتب عليه

ظهور السيارات والطائرات في بداية القرن العشرين، فضلاً عن ابتكار صناعات النسيج والاصباغ والاسمدة والصلب اضافته الى تطور اساليب الاتصال بين العالم. وفي النصف الثاني من القرن العشرين ومع ظهور الطاقة النووية ظهرت الثورة الصناعية الثالثة والتي اتسمت بتطور الالكترونيات واجهزة الكمبيوتر وتزايد براءات الاختراع التكنولوجية الدقيقة، بالإضافة الى فتح افق جديدة نحو الفضاء والهندسة الحيوية واكتشاف وحدات التحكم والروبوتات.

واستمر نهج التطور على نحو المتسارع؛ خصوصاً في دمج التكنولوجيا مع المجالات الفيزيائية والرقمية والبيولوجية، وكما شهدت نظم الانتاج تحولات في مجالات الادارة والحوكمة، تعد الثورة الصناعية الرابعة امتداد للثورات الصناعية السابقة لكنها تميزت باستخدام انترنت الاشياء والاعتماد على الرقمنة واستخدامها كتطبيقات في مختلف الصناعات، بالإضافة الى ربط وسائل الانتاج بوحدات تحكم عن بعد بواسطة شبكة الانترنت وتحليل البيانات الضخمة. كما اتاحه التطبيقات الرقمية الجديدة ما يعرف بالصيانة التنبؤية وتوقعات المخزون على اساس الانتاج والتنسيق بين الوظائف مما يضع اساس جديد لنظام عالمي مترابطاً.

تشير الثورة الصناعية الرابعة الى الاسم المعطى للاتجاه الحالي لتبادل المعلومات والبيانات والامتنة في تقنيات التصنيع والتي تشمل انترنت الاشياء والذكاء الاصطناعي والبيانات الضخمة بالإضافة الى الاعمال اللوجستية بطريقة ذاتية بحيث يمكنها ان تتفاعل مع التغيرات غير المتوقعة في الانتاج. وتشير التوقعات الى ان العالم في ظل الثورة الصناعية الرابعة سيصبح اكثر ترابطاً حيث سيتربط كل شيء مع كل شيء اخر بواسطة الانترنت وهذا يعني ادخال تعديلات في الانتاج وشبكات الموردين العالمية وتزول حدود المصانع الفردية، اذ سيتزايد ترابط العديد من المصانع في مناطق جغرافية مختلفة.ii.

وفي اطار الحديث عن التطورات التكنولوجية في اكتشاف واستخراج المصادر غير التقليدية؛ فإن العمل الدؤوب في هذا الميدان يجري بوتيرة متسارعة، اذ تعد تقنية (SAGD) (*) من التقنيات المتطورة لاستخلاص الوقود من النفط الثقيل بواسطة حفر بئران افقيان احدهما فوق الاخر، اذ يخصص البئر العلوي لحقن البخار، والبئر السفلي لاستخراج النفط، بالإضافة الى وجود غرفة تحكم افتراضية مهمتها تصريف الجاذبية، مما يؤدي الى توازن جاذبية السطح البيئي بين النفط والبخار، يمكن بواسطة استخدام تقنية (SAGD) ان ترتفع نسبة الانتاج في البئر الى 60% (iii).

المبحث الاول: كفاءة الطاقة: المفهوم والمؤشرات

المطلب الأول: مفهوم كفاءة الطاقة:

يشير مفهوم كفاءة الطاقة بحسب تعريف المجلس العالمي للطاقة إلى «الحد من الطاقة المستخدمة لخدمة معينة (التدفئة، الإنارة، ... الخ) أو لمستوى نشاط معين» (iv). وتتسم كفاءة الطاقة بأنها عملية غير مركزية وتنتشر في كل مكان، إذ يتخذ ملايين المستهلكين العاديين وفي قطاع الطاقة وفي قطاع الأعمال قرارات تتعلق بكفاءة الطاقة في كل مرة عندما يشترون جهازاً منزلياً أو واسطة نقل أو ينشئون مبنى جديداً أو يحاولون رفع الطاقة الإنتاجية لمنشأة صناعية ما، وفي أثناء كل ذلك فإنهم يهتمون قليلاً بكفاءة الطاقة على النحو المطلوب (v). ويمكن قياس كفاءة الطاقة باستخدام مؤشرات عدة منها (vi):

مؤشرات قياس كفاءة الطاقة

1. مؤشر كثافة الطاقة: وهو مقياس لاستهلاك الطاقة لكل دولار إنتاجي في أي منشأة أو شركة أو مؤسسة. والتي تقاس من خلال الصيغة الرياضية الآتية:

$$\text{كثافة الطاقة} = \frac{\text{الطاقة المستهلكة في الإنتاج} + \text{الطاقة المستهلكة في التشغيل}}{\text{عامل التسوية}}$$

إذ إن:

الطاقة المستهلكة في الإنتاج: الاستخدام المجمع من الطاقة في جميع العمليات التصنيعية المعنية.

الطاقة المستهلكة في التشغيل: وهي القيمة الإجمالية للعمليات والمنشآت التكميلية.

عامل التسوية: هو في العادة سعر تسليم السلع المنتجة^{vii}.

2. مؤشر استدامة الطاقة^{viii}: وهو مؤشر حديث إذ وضعه مجلس الطاقة العالمي في عام 2014 ويصنف الدول من حيث القدرة المحتملة لتوفير سياسات الطاقة المستدامة من خلال ثلاثة أبعاد هي:

أمن الطاقة: والتي تشير إلى الإدارة الفعالة للطاقة الأولية من المصادر المحلية والخارجية الاعتماد على البنية التحتية للطاقة، وقدرة الشركات المشاركة لتلبية الطلب الحالي والمستقبلي للطاقة.

المساواة في الوصول إلى الطاقة: وتشمل إمكانية الوصول والقدرة على تحمل التكاليف من إمدادات الطاقة من جميع السكان.

الاستدامة البيئية: وتعني تحقيق كفاءة العرض والطلب على الطاقة وتطوير إمدادات الطاقة من مصادر متجددة منخفضة الكربون وغيرها. وتعطى أفضل درجة (A) لأداء عال جداً. ويتم منح البلدان ذات نتائج جيدة مع النتيجة (A). الأداء العالي تتلقى النتيجة (AAA) في حين أن البلدان التي لا تؤدي بشكل جيد تحصل على درجة (DDD).

المطلب الثاني: التطور التكنولوجي وزيادة كفاءة الطاقة

يعد التطور التكنولوجي وتوفير التمويل اللازم لتلك التكنولوجيا من أهم العوامل التي تزيد كفاءة الطاقة، وبطبيعة الحال فإن البحث والتطوير يلعب دوراً كبيراً في إيجاد مصادر جديدة لم تكن معروفة في السابق، فضلاً عن تحسين المصادر القائمة من الطاقة، من خلال تخفيض التكاليف المرتبطة بالإنتاج والتوليد، لقد شهدت تكنولوجيات الطاقة المتجددة تطوراً ملحوظاً، فمنذ مطلع العقد الأول من القرن الواحد والعشرون تحققت تطورات في حجم الأسواق السنوية، مما يعكس تنامي قدرات التصنيع فضلاً عن زيادة الخبرة والقوى العاملة، إذ تعمل التكنولوجيا الحديثة على إيجاد حلول للمشاكل التي تواجه تقنيات الطاقات المتجددة، فعلى سبيل المثال؛ فإن الطاقة الشمسية تواجه تحديات كبيرة، تتمثل بمشكلة التباين في الإنتاج، بسبب الغيوم العابرة مما يسبب انقطاعات مفاجئة، كما أن التباين في الإنتاج لا يقتصر فقط على الأجواء الغائمة وإنما يشمل الأجواء المشمسة، ويسمى تباين زاوية السقوط الإشعاعي، وبالتالي فإن تلك المشكلة تعد مشكلة تكنولوجية تحتاج إلى تطوير في تصاميم الألواح الشمسية وتحسين المواد المستخدمة لكي يتم زيادة كفاءة التوليد، إذ أن الحل التكنولوجي يكمن من خلال ترتيب اصطفاف

الالواح الشمسية بصورة مقابلة لاتجاه الاشعاع الشمسي، فضلا عن استخدام خوارزميات لتعقب افضل نقطة للطاقة وضبط نقطة التشغيل وفق زاوية ونقطة اشعاع معينتين.

والجدول الاتي يبين اتجاهات البحث والتطوير الحكومي والخاص من عام 2007 الى عام 2017:

جدول (1) الاتجاهات العالمية للإنفاق على البحث والتطوير على الطاقات

المتجددة عالمياً للمدة من 2007 الى 2018 بمليارات الدولارات

السنوات	البحث والتطوير في القطاع الحكومي	البحث والتطوير القطاع الخاص	مجموع البحث والتطوير في القطاع الحكومي والقطاع الخاص
2007	2.7	3.2	5.9
2008	2.8	3.6	6.4
2009	5.4	3.8	7.2
2010	4.9	3.9	8.8
2011	4.8	4.5	9.3
2012	4.7	4.4	9.3
2013	5.2	4.0	9.2
2014	4.5	3.9	8.4
2015	4.4	4.2	8.6
2016	5.1	4.2	9.3
2017	5.1	4.8	9.9
2018	5.5	7.5	13

المصدر: الجدول من عمل الباحث بالاعتماد على البيانات الواردة في:

Source: Renewable Energy policy Network for the 21st century (REN21) Renewable Global Status Report, 2018,

يتضح من الجدول (1) تطور الإنفاق السنوي على البحث والتطوير الحكومي والخاص، والذي يعد احد اوجه لاستثمار في مجال الطاقة المتجددة، من خلال النهوض بالبحوث التكنولوجية، اذ بلغ مجموع الاستثمار في البحث والتطوير 5.9 مليار دولار في عام 2007، وفي عام 2008 بلغ 6.4 مليار دولار وفي عام 2009 ارتفع الى 7.2 مليار دولار، واستمر التصاعد في دعم الجهد البحثي في مجال الطاقة المتجددة، اذ ارتفع الى 8.8 مليار دولار في عام 2010، وفي عام 2018، بلغ 13 مليار دولار. لقد توقع المختصين في هذا المجال استمرار نمو سوق الطاقة المتجددة عالمياً على مدى العقود القليلة القادمة، مما يعني أن هناك ثقة قوية في صناعة الطاقة المتجددة، ومن جانب اخر تؤدي الاستثمارات المطردة في أسواق الطاقة المتجددة إلى التطوير المستمر للشركات وإيجاد فرص العمل، اذ تتطلب مجموعة واسعة من تكنولوجيا وخدمات الطاقة المتجددة المختلفة قوة عاملة تتراوح من منخفضة إلى عالية المهارة، اذ يبين التقدير المبني على العمالة الموثقة إلى أن مستوى العمالة عالمياً قد ارتفع من حوالي 3 ملايين في عام 2004 إلى حوالي 8.1 مليون بحلول نهاية عام 2015 (ix). والجدول الاتي بين التغيرات المتوقعة في تكاليف انتاج الطاقة الكهربائية من مصادر الطاقة المتجددة:

جدول (2) التكاليف المتوقعة لتوليد الطاقة الكهربائية

من مصادر الطاقة المتجددة لما بعد عام 2020 (كيكا وات/سنت)

مصدر الطاقة	التكلفة في عام 2007	التكلفة المتوقعة بعد عام 2020
الوقود الحيوي	15-5	10-4
طاقة الرياح		
البرية	3-5	2-3
البحرية	6-10	2-5
الطاقة الشمسية		
الكهروضوئية	20-40	5-6
الحرارية	12-18	4-10
الطاقة المائية		
النطاق الكبير	2-8	2-8
النطاق الصغير	4-10	3-10
الطاقة الحرارية الأرضية	2-10	1-8
الطاقة البحرية		
طاقة المد والجزر	8-15	8-15
طاقة الأمواج	8-20	5-7

Source: Katrina Jordan korte, government promotion of renewable energy technologies policy approaches and market development in Germany, USA and Japan, Dissertation Free University of Berlin, 2010., p60.

ولتسليط الضوء على النمو في كفاءة الطاقة في المصادر المتجددة، يجري تخصص التطورات الحاصلة في الطاقات المتجددة، من خلال مجموعة مؤشرات مختارة تتعلق بتطور الطاقة المتجددة عالمياً ومنذ عام 2004 حتى عام 2017، إذ تنقسم هذه المؤشرات إلى ثمانية أنواع كالآتي:

1. الاستثمار السنوي في قدرات الطاقة المتجددة.
2. البحث والتطوير الحكومي والخاص.
3. مجموع توليد الطاقة المتجددة مع القدرة المائية.
4. التطوير / التسويق / الأسواق العامة.
5. المشاريع/ تمويل الأصول / البنى التحتية/ حقوق الملكية المعاد استثمارها.
6. مجموع البلدان ذات سياسة الطاقة المتجددة.
7. مجموع البلدان المطبقة لسياسات الحصر والتشجيع.
8. عدد البلدان/ الولايات المطبقة لسياسة تفويض الوقود الحيوي.

والجدول الآتي يبين تلك السياسات:

جدول (3) الاتجاهات العالمية في الاستثمار في الطاقة المتجددة من 2008_2018

2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	
الاستثمارات الجديدة حسب المراحل/ مليار دولار											
بحوث التكنولوجيا											
5.5	5.1	5.1	4.4	4.5	5.2	4.7	4.8	4.9	5.4	2.8	البحث والتطوير الحكومي
7.5	6.7	4.3	4.1	4.3	4.0	4.1	4.3	3.8	3.3	3.3	البحث والتطوير الخاص
التطوير / التسويق											
0.2	0.7	0.8	1.4	1.0	0.8	2.4	2.6	2.6	1.6	3.3	رأس المال الاستثماري
البنى التحتية											
6.0	5.6	6.2	12.0	14.9	9.8	3.8	9.9	10.6	11.7	10.5	الاسواق العامة
1.8	0.7	1.7	1.8	1.7	1.3	1.6	2.4	5.3	3.0	6.7	توسيع رأس المال الخاص
المشاريع											
236.5	267.8	247.5	269.2	226.9	171.3	166.5	190.8	152.4	112.3	132.8	تمويل الاصول
-4.8	-2.9	-4.4	-6.7	-3.6	-1.2	-2.9	-2.1	-1.8	-3.7	-4.4	حقوق الملكية المعاد استثمارها
36.3	32.4	32.7	32.4	37.1	40.4	70.0	75.1	60.9	34.7	22.2	القدرة الموزعة على نطاق صغير
288.9	326.3	393.8	318.5	286.9	231.6	250.2	287.7	238.7	168.2	177.2	اجمالي الاستثمارات الجديدة
الاستثمارات الجديدة في التكنولوجيا											
139.7	180.2	145.4	176.0	147.4	121.3	141.8	158.6	101.7	63.3	60.4	الطاقة الشمسية
134.1	130.9	126.3	122.0	110.8	82.9	77.8	86.5	78.6	73.3	73.6	طاقة الرياح
8.7	5.7	13.0	10.2	12.9	13.7	15.4	20.4	17.0	13.4	16.1	طاقة الكتلة الحيوية والنفايات
3.0	3.2	2.1	3.6	5.3	5.1	7.3	10.4	10.1	9.4	17.6	الوقود الحيوي
2.2	2.4	2.7	2.5	2.9	2.7	1.5	3.9	2.8	2.5	1.7	طاقة الحرارة الارضية
0.9	3.6	4.1	4.0	7.1	5.7	6.1	7.7	8.2	6.0	7.6	الطاقة الكهرومائية < 500 Mw
0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	طاقة المحيطات
288.9	326.3	393.8	318.5	286.9	231.6	250.2	287.7	238.7	168.2	177.2	مجموع الاستثمارات الجديدة

Sources:RenewableEnergyPolicyNetworkforthe21stCentury(REN21),Renewables Global Futures Report,2019, p236.

*البيانات لا تشمل المشاريع الكبيرة للطاقة المائية التي تزيد قدرتها على 50 ميغاواط.

يتضح من الجدول اعلاه مؤشرات مختارة تبين تطور كفاءة الطاقة في الطاقات المتجددة عالميا فبالنسبة للاستثمارات السنوية في القدرات الطاقة المتجددة قد شهدت ارتفاعا ملحوظا، اذ بلغت في عام 2008 (177.2) مليار دولار واستمر معدل التزايد في الاستثمارات السنوية على وتيرة متصاعدة، وفي عام 2018 بلغ اجمالي الاستثمارات الجديدة في الطاقات المتجددة حسب المراحل (288.9) مليار دولار ومن الجدير بالذكر ان الطاقة المائية قد مثلت في عام 2008 نسبة تصل الى 82%، واستمرت نسبة الطاقة المائية بالانخفاض في تكوين مزيج الطاقة المتجددة الاجمالية، حتى وصلت الى 57% في عام 2015، على الرغم من تزايد معدل القدرة التوليدية للطاقة المائية من عام 2004 الى عام 2015، ان هذا الانخفاض في نسبة الطاقة

المائية بالنسبة لأجمالي الطاقة المتجددة، سببه تزايد القدرات التوليدية للطاقات المتجددة الأخرى؛ والتي يأتي في مقدمتها الطاقة الشمسية وطاقة الرياح.

جدول(4) تطور اسواق الطاقة المتجددة عالمياً للمدة 2008 _ 2018

السنة	الدول ذات سياسة اهداف الطاقة المتجددة	الدول المطبقة لسياسات الحصص *RPS1	الدول المطبقة لسياسة تفويض الوقود الحيوي	الدول التي تطبق سياسات التشجيع
2008	75	55	55	64
2009	85	56	56	75
2010	109	72	71	88
2011	118	74	72	94
2012	138	76	76	99
2013	144	99	63	106
2014	164	98	64	108
2015	173	100	66	110
2017	179	110	70	115
2018	185	116	70	120

Sources: renewable energy policy network for the 21 ts century(REN21) renewable global futures report,2018, p44.

المطلب الثالث : طاقات المستقبل المتجددة الجديدة

اولاً: تقنية عزل الكربون

يمكن ان تستخدم تقنية عزل الكربون في المحيطات او المواقع الجيولوجية خصوصاً تحت سطح الارض, وتقدر امكانية العالم على عزل الكربون الطبيعي على ما يربو 100 مليار طن مكافئ كربون بحلول عام 2050, اذ ان تلك العملية تسهم في تخفيف الاثار السلبية للتغيرات المناخية بالإضافة الى زيادة المساحات الخضراء والغابات وتحسين التقنيات الزراعية وخفض درجة حرارة الارض الى اكثر من 7 درجة مئوية, وتعتبر مستجمع للأمطار وتحمي التربة من الانجراف وعوامل التعرية.X. يشمل الوقود المتجدد مجموعة من الوقود منخفض الكربون مثل الوقود الحيوي التقليدي والمتقدم والهيدروجين المتجدد. يتم استخدام هذه الأنواع من الوقود إما بشكل مباشر أو يتم دمجها (بشكل مباشر أو غير مباشر) مع مصادر ثاني أكسيد الكربون لإنتاج الوقود مثل الميثان أو الميثانول أو بدائل الهيدروكربون. يمكن أن يحل الوقود المتجدد محل الوقود الأحفوري التقليدي دون الحاجة إلى إعادة تصميم أو تعديل كبير لمركبات الطرق أو المراكب المائية أو الطائرات.

ثانياً: طاقة الهيدروجين

يعد الهيدروجين حاملاً للطاقة وليس مصدراً لها, وعلى هذا الاساس فالهيدروجين يحتاج الى مصدر اخر لتوليد الطاقة(Xi), كما يعد الهيدروجين من أرخص أنواع الوقود المحضّر صناعياً، بالمقارنة مع كمية الطاقة التي يحتويها، فضلاً عن كونه احد اهم انظمة خزن الطاقة المتجددة، اذ تحتاج الطاقة المتجددة الى انظمة خزن تتيح استخدامها في وقت لاحق، مثل الطاقة الشمسية

أو طاقة الرياح (xii)، كما يعتبر الهيدروجين مصدراً واعداً من مصادر الطاقة المتجددة، نظراً للمزايا الهائلة التي يتمتع بها، من الكفاءة العالية وعدم وجود انبعاثات مضرّة بالبيئة مرافقة لاستخدامه كمصدر للطاقة، وفيما يلي توضيح لأهم مزايا الهيدروجين:

1. يتميز الهيدروجين بإمكانية تخزينه (xiii).
2. يعد الهيدروجين ناقلاً جيداً للطاقة ولمسافات أكثر من 300 كم.
3. إمكانية إرسال الهيدروجين من أماكن إنتاجه إلى أماكن استهلاكه، بواسطة أنابيب تحت الأرض.
4. إمكانية الاستخدام المباشر للهيدروجين في الصناعة، وكذلك في تدفئة وتبريد المباني؛ وبما أن احتراق الهيدروجين ينتج عنه بخار الماء، فيمكن استخدام ذلك البخار في بعض الصناعات؛ كصناعة الكيماويات وصناعة الورق (xiv).
5. أن خفة وزن الهيدروجين تتيح له أن يكون مصدراً واعداً للوقود في قطاع النقل، فيكون ذو كفاءة أكبر بنسبة 20% في محركات الاحتراق الداخلي، بالمقارنة مع البنزين والديزل، أما إذا تم استخدامه كوقود للطائرات؛ وبالنظر لخفة وزنه فإن ذلك يؤدي إلى توفير الوقود المستهلك، وكثرة الوقود المعبأ في خزانات الطائرة.

ثالثاً: طاقة المحيطات

تعد المحيطات مستودع هائل للطاقة الشمسية، وتتمثل طاقة المحيطات بالطاقة المخزونة في الأمواج وطاقة الفرق (*). ففي أعماق المحيطات يمكن الاستفادة من الفرق في درجات الحرارة في تشغيل آلات حرارية منخفضة الضغط، حيث توجد العديد من الأماكن في المحيطات تكون فروق درجات الحرارة تصل إلى (20_25) عند أعماق أقل من 1000 م (xv). إن إمكانات موارد طاقة المحيطات هائلة؛ لكنها لا تزال غير مستغلة إلى حد كبير على الرغم من عقود من جهود التنمية، إذ أن استغلال تلك الطاقة يتركز بشكل أساسي في أوروبا، وخاصة قبالة شواطئ اسكتلندا، حيث تم نشر العديد من توربينات المد والجزر في عام 2018.

رابعاً: طاقة المد والجزر

إن الحركة الناجمة عن موجات المد والجزر ترتبط بموقع القمر في السماء، وفي عملية المد والجزر يكون تأثير القمر مساوياً لـ 2.6 من مقدار تأثير الشمس، يمكن استغلال الطاقة المدية في توليد الطاقة من خلال بناء سدود تقوم بحجز المياه عند المد، وتحريرها عند الجزر (المنخفض) وتعيدها إلى البحر، فعندها وبواسطة (تورينات) يمكن توليد الطاقة من عملية دخول وخروج المياه المنتظم، تقدر الطاقة الكلية للمد والجزر بحوالي 2.5 * 106 ميكا وات وهذا يعد كم هائل من مخزون الطاقة الذي يمكن الاستفادة منه كمصدر للطاقة المتجددة، ومع ذلك فإن ارتفاع تكاليف الإنشاء اللازمة لمحطات التوليد يحد من الاعتماد على مثل هذه المحطات، فضلاً عن اقتصرها على أماكن محدودة (xvi).

المبحث الثاني: العوامل المحفزة لرفع كفاءة الطاقة

المطلب الأول: النضوب الطبيعي للمصادر التقليدية للطاقة

هناك عوامل ومتغيرات كثيرة تلعب دوراً كبيراً في تزايد المخاوف المتعلقة بمستقبل النفط، فالتطورات التقنية في جمع المعلومات الجيولوجية حول كمية الاحتياطيات الفعلية؛ تقدم صورة شفافة أو غير مبالغ فيها عن حجم تلك الاحتياطيات، مما ولد شكوكاً حول حجم الاحتياطيات الحقيقية المثبتة عالمياً، كما ان الاحتياطيات المكتشفة؛ قد شهدت تراجعاً متزايداً بواسطة الطرق الحديثة للتقيب، إذ ان الاستخراج المفرط للنفط، وبخاصة من الحقول العملاقة في منطقة الشرق الأوسط، يؤدي الى التناقص التدريجي للنفط التقليدي، إذ ان سعي الدول في استغلال النفوط غير التقليدية في المياه العميقة ومن الصخور الصماء؛ رغم ارتفاع تكاليفها، يقدم دليلاً حول قضية النضوب الطبيعي لإمدادات النفط التقليدي، ومن الجدير بالذكر فان اغلب احتياطيات الطاقة التقليدية يتركز في دول اوبك (ثلثي الاحتياطيات). ومن جانب اخر ان تنامي الاستهلاك وتناقص الانتاج والاحتياطيات من النفط تؤدي بالنتيجة الى النضوب التدريجي مع تزايد الاستهلاك العالمي، ويبين الجدول (5) في ادناه الاحتياطيات العالمية للنفط والغاز الطبيعي والفحم الحجري في عام 2017، وكذلك الطلب العالمي المستقبلي على المصادر التقليدية للطاقة وفق سيناريوهات وكالة الطاقة الدولية من عام 2025 الى عام 2040:

جدول (5) الاحتياطي العالمي من مصادر الطاقة التقليدية والطلب العالمي وفقاً لتوقعات وكالة الطاقة الدولية مليون طن

مكافئ

الطلب العالمي/ السياسات الجديدة		الطلب العالمي/ السياسات الحالية		الاحتياطي العالمي لعام 2017			
2040	2025	2040	2025	2040	2025		
3326	4169	4775	4577	5402	4751	195101	النفط *
3301	3292	4313	3390	4718	3508	219169	الغاز الطبيعي **
2000	3175	4140	3955	5327	4361	1035012	الفحم الحجري

المصدر: تم اعداد الجدول من قبل الباحث بالاعتماد على البيانات الواردة في الجدول. IEA, world Energy outlook, 2016, p64.

(*) تم تحويل احتياطيات النفط من برميل الى طن مكافئ من خلال قسمة الاحتياطيات بالبرميل على 7.6.

(**) تم تحويل الاحتياطيات من الغاز الطبيعي الى طن مكافئ من خلال قسمة الاحتياطيات بالمتري المكعب على 0.91.

جدول (6): الاحتياطيات العالمية المستقبلية وفق سيناريوهات الطاقة المختلفة مليون طن مكافئ*

سيناريو سياسات 450		سيناريو السياسات الجديدة		سيناريو السياسات المرجعية		
2040	2025	2040	2025	2040	2025	
111859	161749	77455	158485	76063	157093	النفط
143318	192833	127354	192049	120335	191105	الغاز الطبيعي
979612	1009612	941272	1003372	920219	1000124	الفحم

المصدر: تم اعداد الجدول من قبل الباحث بالاعتماد على البيانات الواردة في الجدول (5)

يتبين من الجدول في أعلاه أن كمية الاحتياطيات للمصادر التقليدية تتناقص تدريجياً، مع تزايد الاستهلاك العالمي من تلك المصادر، وعلى افتراض بقاء كمية الاحتياطيات على ما هي عليه كما في عام 2017، بالإضافة الى انخفاض الاستثمارات

في مصادر الطاقة التقليدية، وابتعاد المخزونات عن سطح الأرض مما يعني ازدياد كلفة الاستخراج، ووفق سيناريو الحالة المرجعية؛ فإن الاحتياطي العالمي للنفط يقدر بـ(195101) مليون طن مكافئ في عام 2017، وفي ظل توقعات الطلب العالمي للنفط لعام 2025 فإن الاحتياطيات من النفط الخام ستكون (157093)، إذ تقدر كمية النضوب في الاحتياطيات من 2017 إلى 2025 بما يقارب (38008)، مليون طن مكافئ نفطي، أما في عام 2040 تقدر الاحتياطيات النفطية (76063)، كما ستكون كمية النضوب (81030) مليون طن مكافئ من النفط للمدة من 2025 إلى 2040، وعليه ووفق تلك المعطيات فإن النضوب في النفط سيبدأ بالتصاعد بعد عام 2025، خصوصاً في ظل الاستمرار بالاعتمادية على النفط بشكل رئيسي في تلبية الاستهلاك العالمي من الطاقة، وعدم اتخاذ إجراءات تحد من استهلاك النفط.

أما في سيناريو (450) تشير التوقعات إلى تطبيق إجراءات ومعايير صارمة، لتقليل استهلاك الوقود الأحفوري وتشجيع استهلاك الطاقة المتجددة والنوية، وكما في الجدول (5) يلاحظ انخفاض الطلب على النفط والفحم إلى 3326 و 2000 مليون طن مكافئ من النفط على التوالي في نهاية عام 2040، وزيادة الاعتماد وبشكل كبير على مصادر الطاقة الأقل تلوثاً ذات الكفاءة العالية، مما سوف يؤدي إلى انخفاض مستوى انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون عالمياً.

المطلب الثاني: سياسات خفض الكربون:

إن زيادة انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون يرتبط ارتباطاً وثيقاً بزيادة الطلب على الطاقة التقليدية، فزيادة استهلاك تلك المصادر يؤدي إلى ارتفاع نسبة تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، ووفقاً لتوقعات السياسات الحالية تشير التقديرات الأولية لوكالة الطاقة الدولية إلى ارتفاع نسبة تركيز انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون من 36.1 مليون طن متري عام 2020 إلى 43.3 مليون طن متري عام 2040، وفي سيناريو السياسات الجديدة تشير التوقعات إلى أن الانبعاثات ستبلغ حوالي 36.4 مليون طن متري في عام 2040، ووفقاً لتقرير الوكالة الدولية للطاقة سوف تؤدي هذه الانبعاثات إلى زيادة درجات الحرارة بمعدل 5.3 درجة في سيناريو السياسة الحالية، مقارنةً بـ 3.6 درجة مئوية في سيناريو السياسات الجديدة، و2.0 درجة مئوية في سيناريو سياسات (450) وفقاً لتقرير الوكالة الدولية للطاقة. كما في الجدول الآتي:

جدول (7): انبعاثات (CO2) بحسب السيناريوهات الرئيسة للمدة (2020-2040) (مليون طن متري)

السيناريوهات		السياسات الحالية		السياسات الجديدة		سياسات 450	
المصدر	2009	2020	2040	2020	2040	2020	2040
CO2	28.8	36.1	43.3	34.4	36.4	31.9	21.6

Source: IEA, World Energy Outlook, 2012, P211.

تختلف الانبعاثات الناجمة عن حرق الوقود الأحفوري، بحسب نمطي الإنتاج والاستهلاك السائدين في أي بلد، ففي البلدان المتقدمة مثل أوروبا والولايات المتحدة واليابان تكون نسبة الانبعاثات كبيرة، بسبب ارتفاع النشاط الاقتصادي المرتبط بحرق كميات كبيرة من الوقود الأحفوري، حيث تعتبر تلك البلدان المسؤول الأكبر عن تزايد هذه الانبعاثات، ووفقاً لتقديرات الوكالة الدولية للطاقة في سيناريو السياسة الحالية، إذ يبلغ نصيب الفرد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون حوالي 5.0 طن سنوياً، وهو

أعلى من المستوى الأمثل لوجود غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي والبالغ (450) جزءاً في المليون أي ما يعادل نحو 2.0 طن سنوياً، حيث تقدر الانبعاثات العالمية في عام 2040 بحوالي 43.3 مليون طن متري، وعدد السكان يقدر بأكثر من 8.5 مليار نسمة، وإذا ما افترضنا إن سكان العالم عاش حياته وفقاً لنمط حياة الدول المتقدمة، فإن هذه الانبعاثات في العالم ستصل إلى أكثر من الضعف، ومن جانب آخر فإن إجراءات تحسين كفاءة الطاقة التي تم استخدامها في سيناريو السياسات الجديدة وسيناريو 450 سوف تؤدي لتقليل كثافة الطاقة وزيادة كفاءتها بواسطة مجموعة إجراءات متشددة في الأنشطة الاقتصادية كافة من خلال فرض البصمة البيئية لتلك الأنشطة، هدفها تخفيف انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون.

وكما مبين في الجدول (5) انفاً وفي ظل سيناريو 450، يلاحظ انخفاض الطلب على النفط والفحم إلى 3326 و 2000 مليون طن مكافئ من النفط على التوالي في نهاية عام 2040، وزيادة الاعتماد وبشكل كبير على مصادر الطاقة الأقل تلوثاً، مما سوف يؤدي إلى انخفاض مستوى انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون عالمياً، من 31.9 إلى 21.6 مليون طن متري، أي ما يعادل 10.3 مليون طن متري، وكما مبين في الجدول (5) حسب توقعات وكالة الطاقة الدولية خلال مدة الاستشراف، بسبب اتباع سياسات صارمة في ظل سيناريو 450 للحد من استهلاك الوقود الاحفوري، إذ إن هناك ادراك عالمي لخطر زيادة نسب الكربون في الغلاف الجوي، مما ترتب عليه أن تقوم الدول الصناعية برسم سياسات مستقبلية للتعامل مع الطاقة تمخضت عنها اعتماد خطوات للتخفيف من نسب التلوث البيئي.

أما على المستوى الاقليمي ونوع الوقود فإنه يتوقع وصول مستوى التلوث الناتج من الوقود الاحفوري من 35.6 مليار طن متري في عام 2020 إلى 39.1 مليار طن متري في عام 2030 ثم إلى 33.2 في عام 2040، ويلاحظ من الجدول (8) أن النسب الأكبر المتوقعة من التلوث سيكون سببها من مجموعة بلدان خارج OECD، إذ ستبلغ حصة تلك الدول 22.6 في عام 2020، مقابل 13.0 من بلدان OECD، وفي عام 2030 يتوقع أن تكون حصة بلدان OECD 13.3 مليار طن متري، في مقابل 25.8 مليار طن متري من بلدان خارج OECD، وكذلك في عام 2040 ستبلغ حصة بلدان OECD من نسبة الانبعاثات 13.8 مليار طن متري، في حين ستكون بلدان خارج OECD مسؤولة عن 29.4 مليار طن متري من الانبعاثات العالمية كما في جدول (26) والجدول الآتي يوضح توقعات الانبعاثات الكربونية للمدة من 2020-2040، وحسب أنواع الوقود الاحفوري، والاقاليم.

جدول (8) توقعات انبعاثات CO2 عالمياً حسب الاقاليم ونوع الوقود من 2020-2040 (مليون طن متري)

الاقاليم	2020				2030				2040			
	النفط	الغاز	الفحم	المجموع	النفط	الغاز	الفحم	المجموع	النفط	الغاز	الفحم	المجموع
مجموعة بلدان OECD	5.6	3.3	4.1	13.0	5.5	3.8	4.1	13.3	5.6	4.2	4.0	13.8
مجموعة بلدان خارج OECD	7.3	4.0	11.3	22.6	8.5	5.4	11.9	25.8	10.0	6.9	12.5	29.4

33.2	16.	11.	15.	39.1	16.	9.2	14.0	35.6	15.4	7.3	12.9	مجموع العالم
	5	1	6		0							

المصدر: الجدول من عمل الباحث بالاعتماد على البيانات الواردة في:

.SOURCE: IEA, WORLD ENERGY OUTLOOK, 2016, P139

المطلب الثالث: التأثيرات البيئية والتغيرات المناخية

تكون مشاكل البيئة ذات المدى البعيد بطبيعتها وتشمل الطاقة والموارد والاحترار العالمي وتلوث الهواء والماء والتربة والامن الغذائي والمائي، اذ ان مشاكل البيئة لا تقتصر فقط على ذلك وانما تتعدى نطاقا اوسع يتمثل بالانتشار الواسع للأوبئة والأمراض المعدية للكائنات الحية.(xvii) وبالتالي تبرز الحاجة الى تعزيز كفاءة الطاقة على جانب الطلب فضلا عن زيادة حصة الطاقة المتجددة في الامدادات العالمية للطاقة، وبطبيعة الحال ينطوي هذا الامر على تكاليف واستثمارات لأنواع الطاقات الجديدة والمتجددة، بالإضافة الى وعي عالمي وشعور بالمسؤولية تجاه المخاطر البيئية، فضلا عن ان الابتكار التكنولوجي يعتبر جزءا من عملية تخفيف انبعاثات ثاني اكسيد الكربون في توليد الطاقة كما انه يعد ضروريا للاستدامة(*)).

وفي ضوء ذلك، تم عقد العديد من المؤتمرات وخاصة في الأمم المتحدة التي تعنى بالبيئة والتنمية، اذ أعلنت حكومات البلدان الأعضاء في منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي أنها ستعالج تحديات التنمية المستدامة والقضية الرئيسية، باختصار، هي كيف يمكننا تلبية احتياجاتنا الحالية دون إعاقة قدرة الأجيال المقبلة على تلبية احتياجاتهم، ويكون ذلك وفقا لاتفاقية الامم المتحدة الخاصة بشأن تغيير المناخ(*)).على الرغم من التوقعات الدولية العديدة في مجال التلوث البيئي وارتفاع نسبة الكربون في الغلاف الجوي، فقد سعت العديد من تلك الوكالات الدولية الى رسم سياسات جديدة اقترنت بالعقد الخامس من القرن الحادي والعشرون (2050) من خلال رسم ثلاث سياسات جديدة تعمل على معالجة المشاكل الرئيسية المرتبطة بالبيئة ومحدودية الارض، وهي الطاقة والموارد والاحترار العالمي، ولكون تلك المشاكل مترابطة ترابطا عميقاً فان الاستجابة للحلول تقتزن بمدى استجابة المشاكل الأخرى منها، اي بمعنى ان هذه المشاكل الثلاث يجب ان تحل في نفس الوقت، اذ ان تلك الحلول تشكل نموذجاً شاملا على مستوى العالم في ظل افتراضات تحقيق نمو في الدول النامية، والحفاظ على مستويات النمو في الدول المتقدمة ويمكن تلخيص تلك الحلول من خلال ما يأتي(xviii):

1. مضاعفة كفاءة الطاقة الى ثلاث اضعاف.

2. بناء نظام لتدوير المواد.

3. مضاعفة استخدام الوقود غير الاحفوري.

اما فيما يتعلق بالتغيرات المناخية التي تعرف باسم ظاهرة "GHG"(*) التي هي عبارة عن مجموعة من الغازات الدفيئة التي تسمح بوصول الإشعاع الشمسي القادم إلى سطح الأرض دون عوائق ولكنها تمتص التدفق الخارجي، وتخزن بعض الحرارة في الغلاف الجوي، وينتج عن ذلك احتراق صاف للسطح، اذ ان تزايد تركيزات الغازات في الغلاف الجوي، بما في ذلك ثاني أكسيد الكربون والميثان يتسبب في ارتفاع متوسط درجة حرارة الأرض، مما يؤدي إلى تغيرات في المناخ، اذ ان هذا الارتفاع بدرجات الحرارة والمقدرة بدرجتين ترتب عليه اتفاق شبه إجماعي بين العلماء على أن تغير المناخ حقيقة حتمية(xix).

ومن جهة اخرى تتوقع الوكالة الدولية للطاقة الذرية؛ ان الانبعاثات الكربونية المباشرة وغير المباشرة الناجمة عن حرق الفحم اكبر بخمسين مرة من الكمية التي تنتجها طاقة الرياح، كما تقدر وزارة الطاقة الامريكية ان كل كيلو واط من الطاقة المتجددة يعمل على تجنب ما يزيد على رطل من انبعاثات ثاني اكسيد الكربون، وطبقا لدراسة اتحاد العلماء المعنيين، فإن اذا ما تم وصول نسبة الطاقة المتجددة الى 20% عالميا من مزيج الطاقة العالمي، فسيؤدي ذلك الى تقليل الانبعاثات الكربونية بمقدار 434 مليون طن متري او ما يساوي الغاء تراخيص لوحد وسبعين مليون سيارة (XX).

المبحث الثالث: العوامل الفاعلة في تحقيق كفاءة الطاقة وتأثيراتها المستقبلية عالمياً

المطلب الاول: العوامل الفاعلة في تحقيق كفاءة الطاقة:

يمكن تحقيق زيادة كفاءة الطاقة من خلال مجموعة سياسات مختلفة تستهدف جانبي الطلب والعرض على الطاقة، اذ يمكن تحقيق وفورات اقتصادية كبيرة من خلال تطبيق تلك السياسات تصل الى ثلاثة اضعاف بالمقارنة مع انواع الطاقات الاخرى، وفيما يلي نبين السياسات الموجهة لجانب الطلب:

اولاً: السياسات الموجهة نحو جانب الطلب على الطاقة المتجددة

أن تطبيق معايير كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة الموجهة الى جانب الطلب يتميز بتحقيق وفورات هائلة تصل الى ثلاثة اضعاف التكاليف، بسبب ان الفترة الزمنية اللازمة لاسترداد الكلفة الاولية تكون طويلة، بالمقارنة مع السياسات الموجهة الى جانب الامدادات، وتوجد مجموعة سياسات يتم تطبيقها على المستهلكين لزيادة كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة، ويمكن توضيح تلك السياسات من خلال الاتي:

1. رفع كفاءة معايير الوقود في السيارات: تتضمن تلك السياسة اجراء تحسينات على كفاءة الوقود بنسبة 5% سنوياً، اذ تهدف تلك السياسة الى ان يبلغ استهلاك السيارات للوقود 44 ميلا للجالون، و33 ميلا للشاحنات المتوسطة
2. تأسيس صندوق رسم المنفعة العامة: يقصد بصندوق رسم المنفعة العامة، قيام منتجي الطاقة بالاتفاق مع مستهلكي الطاقة، ففي الولايات المتحدة يتم استقطاع 0.2 سنت على كل كيلواط لدعم برامج تحسين كفاءة الطاقة.
3. تبني معايير جديدة لتحسين كفاءة الطاقة للأجهزة الكهربائية وكودات اقوى للأبنية: من خلال تطبيق اجراءات ترشيد الاستهلاك والمضي بتطبيق معايير الاداء الجديدة سيما في قطاع السكن والقطاع التجاري، فان ذلك سيؤدي الى تقليل الضائعات والهدر في الاستهلاك الكهربائي، كما يتوجب على الحكومة تقديم الدعم للفئات التي تطبق تلك المعايير (XXi).

ثانياً: السياسات الموجهة نحو جانب امدادات الطاقة

هناك سياسات نحو جانب الامدادات تتضمن تقديم كل ما من شأنه ان يدعم كفاءة الطاقة باتجاه زيادة استخدام الطاقة النظيفة ، وكما موضح في الجدول (9) في اعلاه تتضمن سياسات الموجهة للإمدادات بالاتي:

1. تبني اتفاقات طوعية لتخفيف استخدام الطاقة في الصناعة: لتحقيق تخفيض في استخدام الطاقة في القطاع الصناعي، تعتمد الحكومة الى ابرام اتفاقيات طوعية مع الشركات الصناعية، اذ تلتزم الاخيرة بتقليل استخدام الوقود

الاحفوري؛ جنبا الى جنب لرفع كفاءة الطاقة وتقليل الانبعاثات الكربونية وزيادة نسبة المصادر المتجددة في الصناعة وبمعدل 2% سنويا لمدة عشر سنوات، وبالمقابل تتعهد الحكومة بتقديم الدعم الفني والبحثي للشركات المطبقة لتلك السياسة، فضلا عن الغاء ضرائب الكربون وتقديم اعانات مالية وتسهيلات مصرفية.

2. تقديم الحوافز الضريبية للتقنيات المبتكرة في مجال الطاقة المتجددة وتحسين كفاءة الطاقة: تقوم الحكومة بمنح امتيازات ضريبية لحث المنتجين على زيادة انتاج وتوزيع الطاقة المتجددة، حيث تكون تلك الامتيازات وقتية، اي لا تمتد على طول عمر المشروع الانتاجي، يتم عادة تحديد مدة عشر سنوات يتلقى المنتجون خلالها الحافز الضريبي، وبعد تلك الفترة فان الطاقة المتجددة تكون قد وصلت الى مرحلة الانتاج التجاري، واستطاع المنتج من تقليل النفقات الرأسمالية؛ اذ تحتاج اغلب المصادر المتجددة الى نفقات رأسمالية كبيرة (xxii).

3. ازالة العقبات امام انظمة التوليد المشترك للحرارة والطاقة: من خلال تطبيق تلك السياسة، فانه يمكن معالجة الصعوبات التي تواجه انظمة الدارة المركبة، اذ تتميز تلك الانظمة بارتفاع كفاءتها بالمقارنة مع الانظمة التقليدية للتوليد، اذ يمكن ان تنتج الكهرباء والبخار في ان واحد.

أما بالنسبة للسياسات الاخرى كسياسة معيار محفظة الطاقة المتجددة وتشديد معايير الانبعاثات على محطات توليد الطاقة العاملة بالفحم تتضمن تلك السياستين منهجية استمرار استخدام المحطات التقليدية، للإنتاج ولكن بشروط السلامة البيئية، والجدول الاتي يبين اثار رفع كفاءة الطاقة في الولايات المتحدة الامريكية لعام 2024:

جدول (9): التكاليف والعوائد الاقتصادية المتوقعة لسياسات الطاقة المتجددة لجانبى الطلب والعرض للعام 2024 في الولايات المتحدة الامريكية (مليار دولار)

سياسات الطاقة	التكاليف	الوفورات	الوفورات الصافية
رفع معايير كفاءة الوقود في السيارات	102	251	149
تأسيس صندوق رسم المنفعة العامة	130	231	101
تبنى اتفاقيات طوعية لتخفيض استخدام الطاقة في الصناعة	48	159	111
تأسيس معيار محفظة الطاقة المتجددة لقطاع منتجي الطاقة	44	26	18-
تبنى معايير جديدة لتحسين كفاءة الطاقة للأجهزة الكهربائية و كودات اقوى للأبنية	37	145	108
تأمين الحوافز الضريبية للتقنيات المبتكرة في مجال الطاقة المتجددة وتحسين كفاءة الطاقة	17	26	9
التوسع في البرامج للبحث والتطوير والنشر	33	86	53
ازالة العقبات امام انظمة التوليد المشترك للحرارة والطاقة	63	189	126
تطبيق معايير متشددة على محطات توليد الطاقة العاملة على الفحم	142	123	19-
تأسيس معايير لمحتوى الكربون او الطاقة المتجددة لوقود السيارات	57	7-	64-
المحصلة وفق سيناريو الطاقة النظيفة	673	1229	556

المصدر: هوارد جيلر، ثورة الطاقة، ترجمة طارق بيلتو، مركز الامارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية، 2009 ص240.

ثالثاً: حصول تغيرات ديموغرافية باتجاه التحضر وزيادة في النسبة السكانية وتغيرات في اساليب استهلاك الطاقة وانماط الحياة

تشير جميع السيناريوهات والبيانات الاقتصادية المختلفة الى حصول زيادة سكانية على مستوى العالم، اذ ما نسبته 80% من تلك الزيادة سيكون في البلدان النامية، جنباً الى جنب فان تلك الزيادة في السكان تترافق مع زيادة التوجه نحو المدن بنسبة كبيرة، كما تشير توقعات الامم المتحدة بان نسبة 64% من سكان العالم النامي سيتحولون الى سكان مدن، و 85.9 من سكان الدول المتقدمة سيكون من سكان المدن في عام 2050 (xxiii)، مما يعني تزايد الحاجة الى تلبية متطلبات تلك الزيادة السكانية والمدنية من مصادر الطاقة.

رابعاً: العمل على تقليل الضرر البيئي الناجم عن الاستهلاك الزائد للطاقة

ان السعي لتقليل الاثر البيئي للطاقة التقليدية احد اهم العوامل الفاعلة، والذي يكون مسؤولاً عن ما نسبته اكثر من 70% من مشاكل البيئة، فالدول المتقدمة تسعى الى وضع معايير وسياسات خفض الكربون من خلال زيادة كفاءة الطاقة.

خامساً: اعادة التدوير

يعد ادخار او توفير الطاقة من اهم اهداف اعادة التدوير؛ فضلا عن تحقيق تقدم في مجال الحفاظ على البيئة، و هناك مزايا متعددة لإعادة التدوير، من ابرزها تخفيف اثر التوسع الاقتصادي على البيئة، من خلال التقليل من النفايات المادية، بالإضافة الى توفير كميات كبيرة من الطاقة والمواد الاولية المستخدمة في الانتاج الاولي، فإعادة تدوير الالمنيوم يوفر طاقة تزيد على 95% بالمقارنة مع انتاج الالمنيوم البكر (xxiv)، ويوفر البوليمر 90% من الطاقة اللازمة لإنتاجه من مواده الاولية بالمقارنة مع اعادة تدويره، وكذلك الورق فانه يوفر 70% من الطاقة كما تشير التقديرات الى انه وفي حالة استعاضة العالم عن الصناعة البكر بإعادة التصنيع او التدوير، فان الطاقة المدخرة نتيجة لذلك سوف تكون 10 مليون طن من مكافئ النفط (xxv)،

المطلب الثاني: تأثيرات رفع كفاءة الطاقة على مستوى العالم مستقبلياً:

ان تطبيق معايير الطاقة النظيفة سيكون له اثر ايجابياً على مستوى الاقتصاد الكلي من خلال تشجيع تدفق الاستثمارات التي يطلبها تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة؛ بالإضافة الى المرافق المتصلة بها، كبناء محطات توليد جديدة صديقة للبيئة، و انتاج الاجهزة والسيارات ذات الكفاءة المرتفعة؛ والاستهلاك الاقل للوقود، فضلا عن تحقيق وفورات هائلة لقطاع المستهلكين والمنتجين؛ فعلى سبيل المثال شهدت منطقة الشرق الاوسط وشمال افريقيا نمواً في استثمارات الطاقات المتجددة بلغ ثمان اضعاف، اذ بعد ان كان مجموع الاستثمارات 1.2 مليار دولار ارتفع الى 11 مليار دولار للفترة من عام 2008 الى عام 2016 (xxvi)، وهذا يؤكد حالة الادراك والوعي المتزايد لدى الدول بأهمية ودور الطاقات المتجددة في ضمان استمرار برامج التنمية الاقتصادية، بالإضافة الى تزايد الموثوقية بالمصادر المتجددة للطاقة نتيجة انخفاض تكاليفها المستمر مما يعني تحقيقها جدوى اقتصادية. اذ ان توربين الرياح الذي تبلغ قدرته واحد ميجاوات، يمكنه ان يتقاضي ما يزيد على 1500 طن من ثاني

أكسيد الكربون، فضلاً عن إزالة 2.5 طن من ثاني أكسيد الكبريت وستين رطلاً من انبعاثات الزئبق السامة، وبالنسبة للخلايا الشمسية فإنها إذا استمرت في معدل نمو يتراوح بين 30 و25% فإنها ستؤمن ما يقدر بـ 2 مليون وظيفة في عام 2020 (xxvii).

إن رفع كفاءة الطاقة والتي تأتي كأهم ثمار الثورة الصناعية الرابعة سوف يؤدي إلى تعزيز الاستقرار الاقتصادي العالمي، والحد من تقلبات أسعار النفط العالمية، بالإضافة إلى تحقيق تنوعاً اقتصادياً، فالأنظمة التي سوف تتحول نحو استخدام المصادر المتجددة للطاقة، سيكون بإمكانها زيادة الإيرادات الحكومية من خلال ضريبة القيمة المضافة، وتخفيض الدعم الحكومي عن المخصص للطاقة التقليدية. ومن الجدير بالذكر أن مصادر الطاقة المتجددة في أجزاء كثيرة من العالم تكون أقل تكلفة لتكنولوجيا توليد الطاقة الجديدة. إذ انخفض المتوسط العالمي المرجح لتكلفة الكهرباء (*LCOE) من جميع تقنيات توليد الطاقة المتجددة المتاحة تجارياً في عام 2018، بما في ذلك تركيز الطاقة الحرارية الشمسية (CSP) (بانخفاض 26% عن عام 2017)، والكهرباء الحيوية (بنسبة 14%)، والطاقة الشمسية الكهروضوئية و الرياح البرية (انخفض كلاهما بنسبة 13%) والطاقة المائية (انخفض بنسبة 11%) والرياح الحرارية الأرضية والرياح البحرية (كلاهما انخفض بنسبة 1%). ويعزى هذا الانخفاض جزئياً إلى التحسينات التقنية والتخفيضات في تكاليف التركيب، ولكن أيضاً إلى زيادة المنافسة في السوق. في عام 2018، كان المتوسط المرجح العالمي لتكلفة الكهرباء المحسوبة للطاقة الكهرومائية (47 دولاراً أمريكياً / ميغاوات ساعة)، والرياح البرية (56 دولاراً أمريكياً / ميغاوات ساعة) والكهرباء الحيوية (62 دولاراً أمريكياً / ميغاوات ساعة) كلها في الطرف الأدنى من التكلفة المحصلة لنطاق الكهرباء تقنيات توليد الوقود الأحفوري (بسرعة 49 دولاراً أمريكياً / ميغاوات ساعة إلى 174 دولاراً أمريكياً / ميغاوات ساعة). كانت هذه التقنيات المتجددة قادرة على التنافس وجهاً لوجه مع الوقود الأحفوري. ومع استمرار خفض التكلفة المرتفعة للكهرباء بدأت الطاقة الشمسية الكهروضوئية في التنافس مباشرة مع الوقود الأحفوري. إذ أصبحت الرياح البحرية قادرة على المنافسة مع تقنيات توليد الوقود الأحفوري وكذلك بعض مشاريع الطاقة الشمسية المركزة، كما تمثل الرياح البرية الآن مصدرًا تنافسيًا للكهرباء في معظم أنحاء العالم. إذ بين عامي 2010 و 2018، انخفض المتوسط المرجح العالمي LCOE لطاقة الرياح البرية بنسبة 35%. في عام 2018، كما ساعدت التحسينات في تكنولوجيا طاقة الرياح (ارتفاعات المحور الأعلى، ومناطق الانجراف الأكبر، وأقطار الدوار المتزايدة، وزيادة حجم التوربينات) على زيادة متوسط عامل السعة من مشاريع الرياح الجديدة، بالإضافة إلى انخفاض أسعار توربينات الرياح بنسبة تتراوح بين 10% و 20% من عام 2017 (xxviii).

الاستنتاجات

1. إن الثورة الصناعية الرابعة تتيح اكتشاف مصادر جديدة للطاقة لم تكون معروفة سابقاً، بالإضافة إلى استخدام التكنولوجيا الحديثة لتطوير المصادر الحالية للطاقة.
2. تؤدي التطورات التكنولوجية المتسارعة إلى رفع كفاءة الطاقة وبالتالي تقليل الاعتماد على مصادر الطاقة ذات الكربون المرتفع، وزيادة الاعتماد على مصادر الطاقة ذات الكربون المنخفض.

3. ان شحن المستقبل بالطاقة يكمن من خلال تبني برامج زيادة كفاءة الطاقة والمضي قدماً في مشاريع الطاقة المتجددة على مستوى العالم.
4. ان مسؤولية الحفاظ على البيئة والتنوع البيولوجي هي مسؤولية تكافلية تتطلب جهوداً دولية من خلال تبني برامج رفع كفاءة الطاقة وتقليل كثافة الطاقة، وهذا يتم من خلال التعاون الدولي وليس من خلال جهود فردية.
5. ان التقنيات الحديثة المتاحة للطاقة؛ والتي اثبتت نجاحها تؤدي الى رفع كفاءة الطاقة وتبني الطاقة المتجددة تدريجياً، بإمكانها ان تبدد مشكلات الهدر في الطاقة وتزايد الانبعاثات الكربونية، فضلاً عن اجراء تعديلات في ميزان الطاقة العالمي، والذي يؤدي في نهاية المطاف الى الوصول الى تحقيق التوازن المستدام بين الطاقة التقليدية والمتجددة.
6. وفقاً لسيناريو الطاقة ذات الكفاءة العالية، فان من المتوقع ان يكون تأثير الطاقة المتجددة في سوق العمل والنمو الاقتصادي ايجابياً، من خلال تحول اقتصادي، اي احلال وظائف قليلة في مجال الطاقة الاحفورية وخلق فرص عمل كثيرة في مجال الطاقات المتجددة.
7. ان اغلب المؤسسات الدولية المختصة في مجال الطاقة تدرك ان العالم يمر بمرحلة انتقالية، والتي من المتوقع حدوثها في وقت قريب من نظام مرتفع الكربون الى نظام منخفض الكربون، مع تنامي الطلب العالمي على الوقود الاحفوري وارتفاع اسعاره ووصوله الى الذروة في الانتاج سوف يؤدي الى تطوير موارد الطاقة المتجددة، فضلاً عن تاثير الثورة الصناعية الرابعة من خلال خفض التكاليف الطاقة المستمر.

التوصيات

1. وجوب العمل الجاد على المستوى الدولي في استغلال الثورة الصناعية وتطوير المصادر المتجددة والجديدة للطاقة لمواجهة التغيرات المستقبلية على جميع الاصعدة.
2. ضرورة نشر وادراك وتسهيل التعاون الدولي في مجال البحث والتطوير والتوعية حول الطاقة المتجددة ووضع اهداف محددة فيما يخص الكلفة والاداء لكل تقنية من تقنيات الطاقة النظيفة.
3. من الضروري زيادة الاستثمارات في مصادر الطاقة المتجددة، من اجل تطويرها والاستفادة منها كونها تمثل ضماناً لأمن الامدادات و تقليل الاعتماد على الطاقة التقليدية واخذ كافة التدابير اللازمة في توفير الطاقة في المستقبل.
4. العمل على تشكيل وكالة دولية لكفاءة الطاقة والطاقة المتجددة، لدعم وتعزيز الجهود الرامية لتعزيز كفاءة الطاقة وتبني مصادر الطاقة المتجددة في الدول الصناعية والدول النامية على حد سواء.
5. تقديم المساعدات الدولية (التمويل) للحكومات التي تطلب استخدام الطاقة المتجددة، وخاصة في الدول النامية من خلال تقديم قروض بشروط ميسرة لهذه البلدان.
6. تشجيع البلدان النامية في متابعة التطور التكنولوجي في مجال الطاقة المتجددة، والسعي الى تطبيق احدث التكنولوجيات واكثرها كفاءةً من اجل تحقيق كفاءة الطاقة.
7. العمل على اتخاذ اجراءات تحد من زيادة نسب الغازات الدفيئة، من خلال القيام بخطوات عاجلة وطموحة ذات وفورات كبيرة، لكي تقلل من الاعتماد على الوقود الاحفوري.

المصادر

- ⁱ سهى معاد، الثورة الصناعية الرابعة- الفرص والتحديات، اتحاد المصارف العربية، 2019، ص 20
سهى معاد، مصدر سابق، ص 8. ⁱⁱ
- ⁱⁱⁱ ASDG: steam- assisted gravity drainage,*)
تقنية استخلاص النفط من خلال مساهمة البخار في التصريف الثقالي، قام باختراعها المهندس Roger Butler في سبعينيات القرن المنصرم، للمزيد ينظر الى:
Dr. Roger M. Butler, canadian petroleum, Hall of fame, 2012. P2.
(ⁱⁱⁱ) وكالة الطاقة الدولية، ادخار الموارد تقانات النفط والغاز من اجل اسواق الطاقة المستقبلية، ترجمة مظهر بايرلي؛ مراجعة محمد عبد الستار الشخيلي، مصدر سابق، ص 119_120.
- (^{iv}) بن سونغ ودواين وانغ، الحد من استهلاك الطاقة في التصنيع: الفرص والتأثيرات، في: التكنولوجيا ومستقبل الطاقة، مركز الامارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية، ابوظبي، 2013، ص 196.
- (^v) هوارد جيلر، ثورة الطاقة نحو مستقبل مستدام: ترجمة طارق بيلتو، مركز الامارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية، ابوظبي، ص 64.
- (^{vi}) المصدر السابق نفسه، ص 196.
- ^{vii} احمد جاسم الياسري واخرون، اقتصاديات الطاقة، مطبعة النجف الاشرف، 2021، ص 204. 205.
- (^{viii}) WORLD ENERGY COUNCIL, World Energy Trilemma Time to get real – the myths and realities of financing energy systems, London, 2014, p. 11-12
- (^{ix}) Renewable energy policy network for the 21st century,(REN21), renewable global futures report, 132,p8201.
- * RPS (renewable portfolio standard) يقصد به معيار المحفظة المتجددة هو التزام تفرضه الحكومات على احدى او مجموعة شركات الخدمات او مستهلكين بهدف توفير او استخدام حد ادنى قابل للتجديد من الطاقة المتجددة او الكهرباء المولدة بهدف تشجيع استخدام الطاقة المتجددة على اوسع نطاق لتحقيق اهداف عامة وخاصة متعددة: للمزيد ينظر الى
renewable energy policy network for the 21 ts century(REN21) renewable global futures report,2015, p36.
- Sathaye,J.A and N.H. ravindranath, climate change mitigation in the energy and forestry sectors of developing countries, annual review of energy and the environment,1998, p 387 .
<https://doi.org/10.1146/annurev.energy.23.1.387>
- (^{xi}) احمد جاسم جبار، الاقتصاد العراقي ومستقبل الطاقة الناضبة والمتجددة، مركز العراق للدراسات، 2016، ص 64.
- (^{xii}) محمد رافت و علي جمعان، الطاقة المتجددة، دار الشروق للنشر، 1988، بيروت، ط2، ص 131.
- (^{xiii}) هيثم عبد الله سلمان، اقتصاديات الطاقة المتجددة في المانيا ومصر والعراق، المركز العربي للأبحاث ودراسة السياسات، 2014، ص 57.
- (^{xiv}) محمد رافت و علي جمعان، مصدر سابق، ص 139.
- (*) يقصد بطاقة الفرق الطاقة المتولدة عن طريق الاستعادة من الاختلاف في درجات الحرارة فيما بين مياه الدافئة للسطح، والمياه الباردة السفلى، وتكون تلك الطاقة فاعلة عندما تكون درجة حرارة السطح لمياه المحيطات اعلى من 20 درجة مئوية ودرجة حرارة السفلى اقل من 7 درجة مئوية. للمزيد ينظر الى:
هيثم عبد الله سلمان، اقتصاديات الطاقة المتجددة في المانيا ومصر والعراق، المركز العربي للأبحاث ودراسة السياسات، بيروت 2016، ص 58.
- conventional Energy Resources, publishers of Engineering and computer Books, –(^{xv})Dr.R.K. singal, non .18Darya Ganj, New Delhi, third edition, 2013, p
- .19(^{xvi}) Dr.R.K. singal, op.cit, p

(*) تم استخراج الاحتياطيات لعام 2025 من خلال ضرب الطلب العالمي * (8 سنوات) لكل مصدر من مصادر الطاقة لعام 2025 وطرح ناتجه من كمية الاحتياطي الكلي لعام 2017 لكل مصدر من مصادر الطاقة التقليدية وكذلك تم استخراج كمية الاحتياطي العالمي لكل مصدر من مصادر الطاقة لعام 2040 من خلال ضرب كمية الطلب العالمي لعام 2040 * (15 سنة) وطرح الناتج من كمية الاحتياطي لعام 2025.
(^{xvii}) Hiroshi komiyama, beyond the limits to growth new ideas for sustainability from Japan, springer p27. Tokyo,2011

(*) الاستدامة مفهوم واسع يتمحور حول قيام الاجيال الحالية بتعديل انماط انتاجها واستهلاكها_ اي انماط الحياة الحالية _ بحيث لا تتمتع الاجيال المستقبلية بفرص اقل تفضيلاً للازدهار الاقتصادي وحياة صحية اكثر من السكان الحاليين. للمزيد ينظر الى:
Towards Global Sustainability Issues, New Indicators and Economic Policy, Welfens and others, Paul J.J. . ,p18.2016, Springer International Publishing Switzerland

(*) ووفقاً لاتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ، وهي إحدى الاتفاقيات المعتمدة في مؤتمر قمة الأرض في ريو دي جانيرو عام 1992، وافقت البلدان المدرجة في المرفق الأول على اعتماد سياسات وطنية واتخاذ تدابير مقابلة بشأن تخفيف تغير المناخ، من خلال الحد من انبعاثات غازات الدفيئة البشرية المنشأ، علاوة على ذلك اتفقت البلدان المدرجة في المرفق الأول في بروتوكول كيوتو الذي اعتمد في كانون الأول / ديسمبر 1997 على خفض انبعاثات غازات الدفيئة الجماعية بمتوسط قدره 5.2 في المائة من مستويات عام 1990 خلال فترة الالتزام الأولى للفترة 2008-2012 ومع ذلك ازدادت كمية انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المرتبطة بالطاقة في العالم من 22.6 جيجا طن في عام 1990 إلى 33.2 جيجا طن في عام 2010، أو بنسبة 46.9%، خلال العقدين السابقين ازدادت انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية بنسبة 13.7%، من 12.4 جيجا طن إلى 14.1 جيجا طن، وازدادت الانبعاثات من الدول غير الأعضاء في منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية بشكل كبير من 10.2 جيجا طن إلى 19.1 جيجا طن أو بنسبة 87.3%. للمزيد انظر:

Mitsutsune yamaguchi, climate change mitigation a balanced approach to climate change, Springer 64London Heidelberg, new york Dordrecht, springer_ verlag London,2012, p . 7P, 2, (^{xviii}) Hiroshi komiyama, op.cit

(*) GHG (Green House Gases) وتعني البيت الزجاجي او ظاهرة الانحباس الحراري، اشتق هذا المصطلح تشبيهاً للغلاف الجوي بالبيت الزجاجي، اذ يسمح الغلاف الجوي لاشعة الشمس بالمرور، مما يؤدي الى زيادة درجة حرارة الارض ويمنع تسرب هذه الحرارة الى الفضاء. للمزيد ينظر الى:

حسن لطيف واخرون، الاقتصاد البيئي، مطبعة النجف الاشرف العراق، 2019، ص39.
and others, sustainable energy by design a guide for sustainable communities, Town (^{xix}) Robert Shaw and Country Planning Association17 Carlton House Terrace London SW1Y 5AS, W www.tcpa.org.uk ,p 14.

Union of concerned scientists, successful strategies: renewable electricity standars,2008, p25. (^{xx})
Nadel and H. geller, utility DSM: what have we learned? Where are we going? Energy policy, 1996,p (^{xxi})
24. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0301421595001379>

(^{xxii}) هوارد جيلر: ترجمة طارق بيلتو، مصدر سابق، ص225.

(^{xxiii}) محسن ابو النجا، التحضر والمدن المستدامة في دول الخليج العربية: في التكنولوجيا ومستقبل الطاقة، مركز الامارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية، 2013، ص397.

(^{xxiv}) S. Gardner, recycling one can saves the energy used to watch the super bowl, the aluminum association, February, 2010,p5.

<https://www.aluminum.org/sustainability/aluminum-recycling>

(^{xxv}) Giuntiti and K. Gaudette ,remanufacturing: the next great opportunity for Boosting US prpductivity, business horizons, November,2003, p 89.

(^{xxvi}) هوارد جيلر : مصدر سابق, ص238.

(^{xxvii}) هوارد جيلر , مصدر السابق , ص242.

* levilised cost of electricity

.9^{xxviii} Renewable energy policy network for the 21st century REN21, renewables global futures Report,201