جـــامعـة بنهـا
كليـــــة التجـــارة
قســـــم الاقتصـــــاد

الأبعـــاد الاقتصادية لاستخدامات الطاقة المتجددة في مـصر في ضـــوء بعض التجـــارب الـــدولية

رسالة ماجستير في الاقتصاد

إعـــداد
أحمد السيد عبدالله بيومي الطناني

إشـــراف
أ.د/ أحمـــد عبـد الـرحيـــم زردق
أستاذ ورئيس قسم الاقتصاد وعميد الكلية الأسبق

د/ محمـــد إبراهيـــم عـــواد — مـــدرس الاقتصـــاد بالكليـــة
د/ أمـــيرة عقـــل أحمـــد — مـــدرس الاقتصـــاد بالكليـــة

٢٠١٨م

كليـــة التجـــــارة
إدارة الدراسات العليا والبحوث

قرار لجنـة المناقشـة والحكـم
علـى رسالة الماجستـير فـي الاقتصاد

العنوان	الأبعاد الاقتصادية لاستخدامات الطاقة المتجددة في مصر في ضوء بعض التجارب الدولية.		
الباحث	أحمد السيد عبدالله بيومي الطناني		
لجنة المناقشة والحكم	أ.د/ أحمد عبدالرحيم زردق	أستاذ الاقتصاد وعميد الكلية الأسبق	مشرفاً ورئيساً
	أ.د/ حسني حسن مهران	أستاذ الاقتصاد وعميد الكلية السابق	عضواً
	أ.د/ نيفين كمال حامد	أستاذ اقتصاديات الطاقة بمعهد التخطيط القومي	عضواً
يوم وتاريخ المناقشة	الثلاثاء الموافق 2018/5/15 م		

قـرار اللجنـة

.....

.....

.....

.....

أ.د/ أحمد عبدالرحيم زردق أ.د/ حسني حسن مهران أ.د/ نيفين كمال حامد

بسم الله الرحمن الرحيم

قُلْ بِفَضْلِ اللَّهِ وَبِرَحْمَتِهِ فَبِذَٰلِكَ فَلْيَفْرَحُوا هُوَ خَيْرٌ مِّمَّا يَجْمَعُونَ

صَدَقَ اللهُ العَظِيم

شكر وتقدير

الحمد لله كما ينبغي لجلال وجهه وعظيم سلطانه، وصلاةً وسلاماً على أشرف الخلق سيدنا محمد وعلى آله وصحبه أجمعين.

أما بعد،

فنحمد الله تعالي أن وفقنا وأعاننا على إتمام هذا البحث، ونسأله أن يجعل ذلك خالصاً لوجهه الكريم. ولا يسعنا في هذا المقام إلا أن نتوجه بالشكر لكل من كان له فضلاً علينا وشاركنا في هذا العمل. فأتوجه بالشكر إلى أستاذي الفاضل الأستاذ الدكتور/ أحمد عبدالرحيم زردق أستاذ الاقتصاد وعميد الكلية السابق لتفضل سيادته بالإشراف على الرسالة، وأدعو له بدوام الصحة والعافية لما يبديه من حرص واهتمام ودعم متواصل لي ولزملائي الباحثين.

كما أتوجه بأسمى آيات الشكر والتقدير إلى أستاذي الدكتور /محمد إبراهيم عواد مدرس الاقتصاد الكلية لقبول سيادته الإشراف على رسالتي، وقد سعدت كثيراً بالعمل معه وبتشجيعه المتواصل لي حتى إتمام الرسالة، وقد أولاني كثيراً من وقته وجهده طوال فترة إعداد الرسالة وقبلها أيضاً، وأفادني بسعة علمه وملاحظاته القيمة. ولا أرى أنني سأوفيه حقه مهما بالغت في الشكر، ولست أقول إلا جزاه الله عني وعن كل الباحثين خير الجزاء.

وأتقدم أيضاً بالشكر والتقدير لأستاذتي الفاضلة للدكتورة/ أميرة عقل أحمد مدرس الاقتصاد بالكلية لقبول سيادتها الإشراف على رسالتي ولملاحظاتها الثمينة التي ساعدتني في تطوير هذا البحث، وإخراجه في صورته الحالية. فلها جزيل الشكر والعرفان.

ولعل ما أسعدني كثيراً بعد إتمام البحث أن وافق الأستاذ الدكتور/ حسني حسن مهران أستاذ الاقتصاد وعميد الكلية السابق على الاشتراك في لجنة المناقشة والحكم على الرسالة، فذلك مما زادني اطمئناناً لما يتمتع به سيادته من اتساع المعرفة وحسن الخلق. وكانت فرصة طيبة استفدنا فيها من ملاحظاته القيمة فله جزيل الشكر والعرفان. كما أسعدني جداً موافقة الأستاذ الدكتور/ نيفين كمال حامد أستاذ اقتصاديات الطاقة بمعهد التخطيط القومي على الاشتراك في لجنة المناقشة والحكم على الرسالة، رغم ضيق وقتها وكثرة مشاغلها. وقد كانت آراؤها بحق إضافة كبيرة للبحث، وساهمت ملاحظاتها في نقله لمستوى آخر. فلها جزيل الشكر والتقدير.

وأخيراً، أتوجه بالشكر لكل من كان شجعني وألهمني وآمن بقدراتي من أساتذتي وزملائي وأصدقائي طوال فترة دراستي بالكلية.

الباحث ..

مستخلص الدراسة

تهدف الدراسة إلي تحليل الوضع الحالي لهيكل إنتاج واستهلاك الطاقة التقليدية والسياسات المرتبطة بها في مصر، بغرض إبراز دوافع جديدة لزيادة الاعتماد على الطاقة المتجددة والوقوف على التحديات التي تعوق ذلك. واعتمدت الدراسة على المنهجين التحليلي والمقارن في تحليلها لتكاليف وسياسات استخدام الطاقة المتجددة ومصادر تمويلها وآثارها الاقتصادية في كل من ألمانيا والصين ومصر. وتوصلت الدراسة إلى بعض النتائج، يتمثل أهمها فيما يلي:

1- ترتفع تكلفة إنتاج الكهرباء من الطاقة المتجددة في مصر. ويرجع ذلك إلى ارتفاع نسبة المكوّن الأجنبي، وعدم وجود مخصصات كافية للإنفاق على البحث العلمي وتطوير تكنولوجيا مناسبة محلياً، بالإضافة إلى نقص موارد النقد الأجنبي اللازم للحصول على التكنولوجيا المستوردة، وارتفاع تكلفة الحصول على التمويل، وعدم وجود إطار تنظيمي قوي يساعد على جذب الاستثمارات الأجنبية.

2- أدى الاعتماد الكامل لسياسة المناقصات التنافسية – رغم مميزاتها في تحقيق أقل الأسعار– إلى بطء واضح في نمو استخدام الطاقة المتجددة في مصر، وذلك بسبب تقسيم القدرات المطلوب تنفيذها إلى حزم كثيرة، تتطلب كل حزمة منها مناقصة منفردة وسنوات طويلة من الترتيبات والروتين الإداري. وفي المقابل، حققت كل من ألمانيا والصين نمواً كبيراً في القدرات المركبة للطاقة المتجددة وتنوعاً في هيكل التمويل والملكية باعتمادها على تعريفة التغذية. وتُعد الحكومة المصرية هي المالك الوحيد للقدرات المركبة من الطاقة المتجددة في مصر. وقد أدى ذلك إلى الاعتماد على آلية وحيدة للتمويل هي المنح أو القروض الخارجية الميسرة في إطار بروتوكول تعاون دولي.

3- يتحدد حجم الوظائف الناشئة عن الطاقة المتجددة بحجم استثماراتها، ودافع إنتاج الطاقة المتجددة. فإذا كان الدافع هو المشاركة في سلسلة القيمة العالمية للطاقة المتجددة ومن ثم استهداف التصدير للأسواق الدولية؛ يكون حجم الوظائف أكبر بكثير عما إذا كان الدافع الأساسي تحقيق أمن الطاقة، حيث يتم استهداف السوق المحلي بالدرجة الأولى.

4- لا تسمح كثافة رأس المال في قطاع البترول بخلق عدد كبير من الوظائف على عكس مشروعات الطاقة المتجددة التي توفر قدراً أكبر من الوظائف خلال مراحل البناء والتركيب والتشغيل والصيانة المستمرة طوال عمر المشروع. وتميل الحكومة المصرية إلى الاستثمار في طاقة الرياح بسبب انخفاض تكلفة إنتاج الكهرباء منها، رغم انخفاض قدرتها على خلق الوظائف مقارنة بالطاقة الكهروضوئية والطاقة الشمسية المركزة.

محتويات الدراسة:

العنوان	الصفحة
قائمة الجداول	أ
قائمة الأشكال	ت
قائمة المصطلحات والاختصارات	ث
إطار الدراسة	1
الفصل التمهيدي الطاقة المتجددة :المفاهيم والأنواع والاستخدامات	8
الفصل الأول: اقتصاديات الطاقة المتجددة والتنمية المستدامة	
مقدمة	15
المبحث الأول: الطاقة المتجددة في سياق التنمية المستدامة	16
المبحث الثانى: تكاليف استخدام الطاقة المتجددة	26
المبحث الثالث: سياسات استخدام الطاقة المتجددة	36
المبحث الرابع: تمويل استثمارات الطاقة المتجددة	43
المبحث الخامس: الآثار الاقتصادية لاستخدام الطاقة المتجددة	52
الفصل الثانى: تجارب رائدة في استخدام الطاقة المتجددة	
مقدمة	56
المبحث الأول: الطاقة المتجددة عالمياً	57
المبحث الثانى: اقتصاديات الطاقة المتجددة في ألمانيا	72
المبحث الثالث: اقتصاديات الطاقة المتجددة في الصين	86
الفصل الثالث: واقع استخدامات الطاقة في مصر	
مقدمة	103
المبحث الأول: هيكل إنتاج واستهلاك الطاقة التقليدية	104
المبحث الثانى: واقع استخدامات الطاقة المتجددة	114
المبحث الثالث: دوافع وتحديات زيادة الاعتماد على الطاقة المتجددة	123

الفصل الرابع: الأبعاد الاقتصادية لاستخدام الطاقة المتجددة في مصر

مقدمة	*135*
المبحث الأول: تكاليف استخدام الطاقة المتجددة	*136*
المبحث الثانى: سياسات استخدام الطاقة المتجددة	*140*
المبحث الثالث: تمويل استثمارات الطاقة المتجددة	*146*
المبحث الرابع: الآثار الاقتصادية لاستخدام الطاقة المتجددة	*151*

نتائج ومقترحات الدراسة

نتائج الدراسة	*156*
مقترحات الدراسة	*160*
مراجع الدراسة	*163*
ملاحق الدراسة	*179*

قائمة الجداول:

رقم الجدول	عنوان الجدول	رقم الصفحة
(1-1)	دور الطاقة المتجددة في تحقيق أهداف التنمية المستدامة لعام 2030	25
(2-1)	مقارنة مبسطة بين بدائل إنتاج الطاقة	35
(1-2)	تطور القدرات المركبة للطاقة المتجددة والاستثمارات عالمياً في ضوء تطور أسعار النفط خلال الفترة (2002-2015)	58
(2-2)	تطور إنتاج الكهرباء من الطاقة المتجددة عالمياً في الفترة (2002-2014)	59
(3-2)	ترتيب الدول العشرة الأوائل عالمياً من حيث استثمارات الطاقة المتجددة عام 2015	66
(4-2)	حجم ونسب انبعاثات ثانى أكسيد الكربون عالمياً نتيجة احتراق الوقود الأحفوري عام 2013	68
(5-2)	تطور هيكل وظائف الطاقة المتجددة عالمياً في الفترة (2012-2015)	70
(6-2)	أهداف الطاقة المتجددة في ألمانيا حتى عام 2050	73
(7-2)	هيكل استثمارات الطاقة المتجددة في ألمانيا خلال الفترة (2000-2015)	80
(8-2)	تطور حجم القدرات المركبة للطاقة المتجددة في الصين خلال الفترة (2000-2014)	87
(9-2)	تطور إنتاج الكهرباء من الطاقة المتجددة في الصين خلال الفترة (2000-2014)	89
(10-2)	متوسط التكلفة المقارنة لإنتاج الكهرباء باستخدام بعض تقنيات إنتاج الطاقة في الصين عام 2013	91
(11-2)	تطور قيمة التكلفة الإضافية في الصين خلال الفترة (2006-2016)	92
(12-2)	تعريفة التغذية في بعض الدول المختلفة	93
(13-2)	الدعم المالي للطاقة المتجددة في الصين	95
(14-2)	هيكل تمويل الطاقة المتجددة في الصين	98
(15-2)	تطور حجم انبعاثات ثانى أكسيد الكربون في الصين نتيجة احتراق الوقود الأحفوري خلال الفترة (2000-2014)	99
(16-2)	تطور مقدار الوفر في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون نتيجة استخدام الطاقة المتجددة في الصين خلال الفترة (2000 -2014)	100
(17-2)	نسبة كل من الصين والولايات المتحدة وألمانيا في استثمارات ووظائف الطاقة المتجددة عالمياً في عام 2015	102
(1-3)	تطور هيكل إنتاج واستهلاك الطاقة الأولية في مصر وفقاً لمصدرها في الفترة (2005 -2015)	105

(2-3)	تطور هيكل استهلاك الطاقة الأولية في كل من ألمانيا والصين ومصر بين عامى (2005- 2015)	106
(3-3)	تطور الهيكل القطاعى لاستهلاك المنتجات البترولية والغاز الطبيعي في مصر بين عامي (2011/2010 – 2015/2014)	106
(4-3)	تطور إجمالي وهيكل القدرات المركبة لإنتاج الكهرباء وفقاً لنوع الوقود في مصر في الفترة (2011/2010 – 2015/2014)	107
(5-3)	تطور إجمالي وهيكل إنتاج الكهرباء وفقاً لنوع الوقود في مصر خلال الفترة (2011/2010-2015/2014)	108
(6-3)	تطور دعم الطاقة في مصر خلال الفترة (2006/2005- 2015/2014)	112
(7-3)	تطور حجم وهيكل القدرات المركبة لإنتاج الكهرباء من الطاقة المتجددة في مصر في الفترة (2000- 2016)	115
(8-3)	تطور هيكل الوقود المستخدم لإنتاج الكهرباء في مصر خلال الفترة (2012/2011 – 2015/2014)	126
(9-3)	نسب تركيز الملوثات الرئيسة في مصر إلى حدها الأقصى والمسموح به عام 2015	128
(10-3)	مشروعات قطاع الكهرباء المصري في لعام 2016/2015	133
(1-4)	مقارنة تكلفة إنتاج الكهرباء باستخدام تقنيات الطاقة المتجددة والوقود الأحفوري في مصر عام 2016	136
(2-4)	التكلفة المقارنة لإنتاج الكهرباء من الطاقة المتجددة في مصر وعلى المستوى العالمي عام 2016	137
(3-4)	قيم تعريفة التغذية للكهرباء المنتجة من الطاقة الشمسية في مصر	143
(4-4)	قيم تعريفة التغذية للكهرباء المنتجة من طاقة الرياح في مصر	143
(5-4)	أسعار استهلاك الكهرباء وفقاً لشرائح المستهلكين في مصر عام 2017	144
(6-4)	تطور حجم استثمارات الطاقة المتجددة في مصر خلال الفترة من (2001/2000- 2011/2010)	148
(7-4)	تطور حجم الوفر في الوقود الأحفوري نتيجة استخدام طاقة الرياح في مصر في الفترة (2001-2014)	152
(8-4)	عدد وظائف الطاقة المتجددة لكل ميجاوات مركبة في ألمانيا والصين ومصر عام 2015	153
(9-4)	تطور حجم الوفر في انبعاثات ثانى أكسيد الكربون في مصر خلال الفترة (2000 -2014)	155
(1-5)	مقارنة بين الأبعاد الاقتصادية للطاقة المتجددة في كل من ألمانيا والصين	158

قائمة الأشكال:

رقم الشكل	عنوان الشكل	رقم الصفحة
(1-2)	هيكل الاستهلاك النهائي للطاقة عالمياً نهاية عام 2014	60
(2-2)	تطور متوسط التكلفة المقارنة لإنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة عالمياً في الفترة (2010-2015)	61
(3-2)	تطور حجم استثمارات الطاقة المتجددة عالمياً في الفترة (2004- 2015)	65
(4-2)	تطور استثمارات الدول النامية والمتقدمة في الطاقة المتجددة خلال الفترة (2005- 2015)	66
(5-2)	تطور كل من القدرات المركبة لإنتاج الكهرباء من الطاقة المتجددة ونصيب الطاقة المتجددة في إنتاج الكهرباء في ألمانيا خلال الفترة (1990- 2015)	73
(6-2)	تطور نسبة الطاقة المتجددة في الاستهلاك النهائى للطاقة في ألمانيا	74
(7-2)	التكلفة المقارنة لإنتاج الكهرباء من تقنيات مختلفة في ألمانيا عام 2015	75
(8-2)	تطور قيمة التكلفة الإضافية لقانون الطاقة المتجددة في ألمانيا في الفترة (2001- 2016)	76
(9-2)	هيكل ملكية مشروعات الطاقة المتجددة في ألمانيا عام 2014	81
(10-2)	هيكل وظائف الطاقة المتجددة في ألمانيا عام 2013	84
(11-2)	تطور هيكل استهلاك الطاقة الأولية في الصين بين عامى (2005- 2015)	90
(12-2)	تطور حجم استثمارات الطاقة المتجددة في الصين خلال الفترة (2005- 2015)	97
(13-2)	هيكل وظائف الطاقة المتجددة في الصين ونسبتها عالمياً عام 2014	101
(1-3)	تطور الهيكل القطاعي لاستهلاك الطاقة الكهربائية في مصر خلال الفترة (2011/2010- 2016/2015)	109

قائمة المصطلحات والإختصارات:

المصطلح	الإختصار
الأهداف الإنمائية للألفية	**MDGs = Millennium Development Goals**
أهداف التنمية المستدامة	**SDGs = Sustainable Development Goals**
الوكالة الدولية للطاقة المتجددة	**IRENA = International Renewable Energy Agency**
برنامج الأمم المتحدة للبيئة	**UNEP = United Nations Environment Programme**
إدارة معلومات الطاقة الأمريكية	**EIA= U.S. Energy Information Administration**
الطاقة الشمسية المركزة	**CSP= Concentrated Solar Power**
الطاقة الكهروضوئية	**PV= Photovoltaic power**
تكلفة إنتاج الكهرباء (التكلفة المُقارَنة)	**LCOE= Levelized Cost of Electricity**
تعريفة التغذية	**FIT= Feed in Tariff**
التكلفة الإضافية	**SC= Surcharge Cost**
شبكة سياسات الطاقة المتجددة للقرن الحادي والعشرين	**REN21= Renewable Energy Policy Network for the 21 century**
نظام الدورة المركبة	**CCGT= Combined Cycle Gas Turbines**
معايير الحافظة (نظام حصص الطاقة المتجددة)	**RPS=Renewable Portfolio Standers/ Quotes**
الشهادات الخضراء القابلة للتداول	**TGC= Tradable Green Certificates**
المناقصات التنافسية	**Tendering**
القدرات المركبة أو المثبتة أو الإسمية	**Installed Capacity**
وات	**Watt**
كيلووات (ك.و)	**Kilowatt = 1000 watt**
ميجاوات (م.و)	**Megawatt= 1000 Kilowatt**
جيجاوات (ج.و)	**Gigawatt= 1000 Megawatt**
كيلووات/ ساعة (ك.و.س)	**K.w.h= Kilowatt hour**

M.w.h= Megawatt hour	ميجاوات/ ساعة (م.و.س)
G.w.h= Gigawatt hour	جيجاوات/ ساعة (ج.و.س)
BRICS= Brazil, Russia, India, China and South Africa	دول البريكس
M.t.o.e= Million Tonnes Oil Equivalent	مليون طن مكافئ نفط
Million Tonnes Co_2 Equivalent	مليون طن مكافئ ثانى أكسيد الكربون
Bp=British Petroleum	شركة النفط البريطانية
Renewable Energy Sources Act **ويعرف بقانون EEG** **Erneuerbare Energien Gesetz =بالألمانية**	قانون مصادر الطاقة المتجددة الألماني
REL= Renewable Energy Law	قانون الطاقة المتجددة الصيني
NREA= New and Renewable Energy authority	هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة
BOO= Build + Own+ Operate	نظام البناء والتملك والتشغيل
BOT= Build + Operate + Transfer	نظام البناء والتشغيل ونقل الملكية

إطار الدراسة

إطار الدراسة

1- موضوع الدراسة وأهميته:

تساهم الطاقة المتجددة في تحقيق التنمية المستدامة، من خلال المساعدة في القضاء على الفقر بتحرير الموارد المالية لسكان الريف الأشد فقراً والذين ينفقون شطراً كبيراً من دخولهم وقوتهم البدنية وأحياناً أوقاتهم للحصول على الطاقة. ويمكن للطاقة المتجددة أن تساعد في مكافحة الجوع بتوفير إمدادات الطاقة المستقرة واللازمة لاستخدام الآلات وزيادة معدلات الزراعة، ومن ثم رفع مستوى الأمن الغذائي. وتستطيع الطاقة المتجددة أيضاً المساهمة في توفير حياة صحية وآمنة من خلال تقليل تلوث الهواء، ذلك أن توافرها يعني عدم اللجوء إلى حرق الكتلة الحيوية التقليدية. أضف إلى ذلك أن الطاقة المتجددة تلعب دوراً في تحسين التعليم وغيره (Schwerhoff and Sy, 2017: 3-8).

ويلاحظ أن ما تقدمه الطاقة المتجددة يكاد يتفق مع الأهداف الإنمائية للألفية[1]. ومع أن الطاقة المتجددة لم تُذكر صراحة ضمن هذه الأهداف إلا أنها كانت جزءاً من خطط تحقيقها. ولكن في عام 2015، ذُكر ضرورة تحقيق زيادة كبيرة في حصة الطاقة المتجددة في مجموعة مصادر الطاقة العالمية بحلول عام 2030، وذلك ضمن آليات تحقيق الهدف السابع من أهداف التنمية المستدامة لما بعد عام 2015[2]. وتعتبر الطاقة المتجددة من المصادر النظيفة التي تدعم الاستدامة البيئية وتساهم في الحد من الآثار السلبية لتغير المناخ. وتتميز كذلك بقدرتها على حل مشكلات اجتماعية كثيرة مثل الفقر وحماية الصحة العامة وهجرة السكان. بيد أن المميزات البيئية والاجتماعية ليست كافية لتحفيز استثمارات الطاقة المتجددة، إذ يتوقف الاستثمار في الطاقة المتجددة بالدرجة الأولى على علاقتها بالنمو الاقتصادي، ومن ثم أبعاد اقتصادية أخرى مثل التكاليف والتمويل والعائد المتوقع وغيرها.

1-1 الطاقة والنمو الاقتصادي:

ترتبط الطاقة عموماً بعلاقة وثيقة مع النمو الاقتصادي، ولكن لا يوجد اتفاق عام حول اتجاه العلاقة السببية بينهما، ولا يُعرف تحديداً؛ هل تؤدي زيادة استخدام الطاقة إلى رفع معدلات النمو أم أن ارتفاع معدلات النمو يدفع نحو مزيد من استهلاك الطاقة؟. وتعتمد النتيجة على المنهجية المستخدمة، وكذلك الفترة الزمنية قيد الدراسة (Edenhofer et al, 2012: 718) .

وفي كل الأحوال، لن تخرج العلاقة بين استهلاك الطاقة والنمو الاقتصادي عن أربع فرضيات، هي: فرضية التغذية العكسية (التأثير المتبادل)، وفرضية النمو، وفرضية الحفاظ (ترشيد استهلاك الطاقة)، وفرضية الحياد (Ibrahim, 2015: 314). وتظهر فرضية التغذية العكسية أو التأثير المتبادل في حالة وجود علاقة سببية ثنائية الاتجاه بين النمو واستهلاك الطاقة. ويعني ثبوت هذه الفرضية أن كلا المتغيرين

---

[1] الأهداف الإنمائية للألفية، هي مجموعة مكونة من ثمانية أهداف، ينص الهدف السابع منها على كفالة الاستدامة البيئية. ومن أهم مؤشرات هذا الهدف متوسط نصيب الفرد من انبعاثات ثانى أكسيد الكربون. وجرى العمل على تحقيق هذه الأهداف حتى عام 2015. أما ما بعد ذلك فتعرف بأهداف التنمية المستدامة لما بعد 2015، وهي سبعة عشر هدفاً يجرى العمل على تحقيقها من 2016 وحتى 2030.

[2] يتعلق الهدف السابع من أهداف التنمية المستدامة لما بعد 2015 بضمان حصول الجميع بتكلفة ميسورة على خدمات الطاقة الحديثة الموثوقة والمستدامة. ولمزيد من المعلومات يمكن الرجوع إلى موقع الأمم المتحدة www.un.org/ar

يؤثر في الآخر. وتوصلت لهذه النتيجة كل من دراسة (Tang, 2009)، (Ahmed, 2013)، (Kargi, 2014). أما إذا كانت العلاقة سببية أحادية الاتجاه فنكون أمام إحدى فرضيتين: الأولى، فرضية الحفاظ على الطاقة وتكون عندما يؤثر النمو على استهلاك الطاقة وليس العكس. ويعني ذلك أن زيادة النمو ومن ثم الدخل تدفع نحو مزيد من استهلاك الطاقة. وتوصلت لذلك دراسات(Soytas and Sari, 2003) ، (Banafea, 2014)، (Hwang and Yu, 2014). والفرضية الثانية أحادية الاتجاه، هي فرضية النمو. وتظهر عندما يؤثر استهلاك الطاقة على النمو الاقتصادي، حيث تكون الطاقة مهمة جداً لاستمرار النمو الاقتصادي، ومحاولة ترشيد استهلاكها قد يؤثر سلباً على عملية النمو. وثبتت هذه الفرضية من خلال دراسة (Soytas et al, 2001)، (Isik, 2010)، (Bekhet and Othman, 2011) . وأحياناً تُظهر النتائج عدم وجود علاقة سببية بين النمو واستهلاك الطاقة وهنا توجد فرضية الحياد، ومفادها أن سياسات الحفاظ على الطاقة لن تؤثر على النمو الاقتصادي. ونادراً ما تتحقق تلك الفرضية.

1-2 الطاقة المتجددة والنمو الاقتصادي:

ترتبط الطاقة المتجددة بالنمو الاقتصادي أيضاً من خلال واحدة من الفرضيات الأربعة. وقد توصلت دراسة (Yildrim et al, 2012) إلى أن استهلاك الكتلة الحيوية في الولايات المتحدة يؤثر على النمو "فرضية النمو"، وفي نفس الوقت لا توجد علاقة سببية بين النمو واستهلاك باقي أنواع الطاقة المتجددة "فرضية الحياد". أما دراسة (Pao and Fu, 2013) فقد وجدت أن النمو يؤدي لمزيد من استهلاك الطاقة غير المتجددة في البرازيل " فرضية الحفاظ". ووجدت الدراسة أيضاً أن فرضية النمو تغلب على العلاقة بين الطاقة المتجددة غير الكهرومائية والنمو، وفرضية التأثير المتبادل بين النمو واستهلاك الطاقة المتجددة ككل. وتمكنت دراسة (Tiwari, 2014) من إثبات فرضية التأثير المتبادل بين النمو واستهلاك الغاز الطبيعي وإجمالي الطاقة المتجددة. ورغم اختلاف النتائج الذي يرجع غالباً لاختلاف المنهجية المستخدمة ومزيج الطاقة داخل الدولة إلا أن هناك اتفاق شبه تام على وجود علاقة بين النمو واستهلاك الطاقة المتجددة، ينبغي أخذها في الاعتبار عند وضع السياسات المناسبة لتعزيز النمو الاقتصادي وضمان استدامة الطاقة.

1-3 الطاقة المتجددة والنمو الاقتصادي في مصر:

ثبتت فرضية التغذية العكسية في مصر، حيث وُجدت علاقة سببية ثنائية الاتجاه بين استهلاك الكهرباء من مصادر متجددة والنمو الاقتصادي. ويترتب على ذلك أمرين: الأول، بما أن النمو يؤدي لزيادة الدخل ومن ثم استهلاك الكهرباء المنتجة من مصادر متجددة، فإن ذلك يؤكد أهمية النمو في تنمية مصادر الطاقة المتجددة. وعليه، ينبغي الحرص على استمرار النمو الاقتصادي، واستخدام جزء من الزيادة في الناتج والدخل لنشر تقنيات جديدة والتوسع في إنتاج الكهرباء المتجددة وتوفير البنية التحتية اللازمة. والأمر الثاني: إذا كان استهلاك الكهرباء المتجددة يسبب نمواً اقتصادياً، فلابد من استراتيجية واضحة وشاملة لتشجيع التوسع في إنتاج الكهرباء المتجددة. وينبغي على الحكومة المصرية توفير الحوافز اللازمة لجذب رأس المال العام والخاص، وتوجيه نسبة كبيرة من الموارد المالية نحو أنشطة البحث والتطوير في مجال تكنولوجيات الطاقة المتجددة بغرض تقليل تكاليفها (Ibrahim, 2015: 321).

وتركز الدراسة الحالية على ثلاثة أبعاد اقتصادية يُعتقَد أنها الأكثر تأثيراً في مسيرة الطاقة المتجددة وهي، تكاليف استخدام الطاقة المتجددة، وسياسات استخدام الطاقة المتجددة، وسياسات التمويل (مصادر تمويل الاستثمارات). ويتم اختيار السياسات المناسبة لتنمية استخدامات الطاقة المتجددة بناءً على تكاليف كل نوع منها، وكذلك تتحدد طبيعة ونوع الدعم المقدم لكل تقنية على حدة. وغالباً ما يتم التركيز على سياسات استخدام الطاقة المتجددة وإهمال سياسات التمويل، رغم أنهما على نفس الدرجة من الأهمية. وإن كانت هناك أولوية لإحداهما فهي لسياسات استخدام الطاقة المتجددة لأنها تعتبر من العناصر الحاسمة في الوصول إلى التمويل؛ فتَسهُل مهمة الحصول على التمويل المحلي أو الخارجي كثيراً في البلد الذي يوفر تعريفة تغذية طويلة الأجل وليس العكس. ولذلك تبدأ الدراسة بتكاليف استخدام الطاقة المتجددة ثم سياسات استخدام الطاقة المتجددة وتنتهي بالتمويل.

وتتسم مشروعات الطاقة المتجددة بارتفاع التكاليف الرأسمالية، ومن ثم فهي تتطلب استثمارات أولية كبيرة، بينما تكاليفها التشغيلية منخفضة جداً. وإذا لم يكن هناك سياسات مناسبة وداعمة لتقليل تلك التكاليف سوف تواجه الطاقة المتجددة صعوبات كثيرة، وتفشل في جذب الاستثمارات نحوها. وقد قطعت الطاقة المتجددة شوطاً كبيراً في طريقها لمنافسة الوقود الأحفوري. وأصبحت طاقة الرياح منافساً قوياً للوقود الأحفوري في غالبية الدول، ومن بينها مصر وبدون الحاجة إلى دعم. في حين ما تزال الطاقة الشمسية المركزة والطاقة الكهروضوئية بحاجة إلى الدعم في كثير من الدول حتى تصل إلى منطقة المنافسة مع الوقود الأحفوري. وربما يكون هذا هو السبب وراء تركيز الحكومة المصرية على طاقة الرياح، حيث أنها الأقل تكلفة دون إعانات كما تلائم النمو الاقتصادي والعمالة وتحد من الفقر (Al-Reffai et al, 2015: 13). وأكدت على ذلك دراسة (حسين وآخرون، 2016)، حيث توصلت إلى أن متوسط تكلفة LCOE لطاقة الرياح في مصر أقل من تكلفة استخدام الغاز الطبيعي في محطات الدورة المركبة[3]. واعتمدت الدراسة على منهجية (LCOE) لتقدير تكلفة إنتاج الكهرباء من التقنيات المختلفة، وكذلك نماذج منحنيات التعلم للتنبؤ بمستقبل هذه التكلفة حتى عام 2035.

بينما ربطت دراسة (Huenteler, 2014) بين التعلم التكنولوجي وتكلفة استخدام الطاقة المتجددة، حيث استهدفت تحديد أثر التعلم التكنولوجي في تايلاند على تكلفة استخدام الطاقة المتجددة، وذلك باستخدام نموذج منحنيات التعلم وافتراض سيناريوهات مختلفة لمعرفة أثر التعلم التكنولوجي على التكلفة. وقد توصلت إلى أن التعلم التكنولوجي وبناء القدرات التكنولوجية المحلية يقلل من تكلفة إنتاج الكهرباء المتجددة في المستقبل القريب ويمكنها من منافسة الوقود الأحفوري. وإذا توافرت العمالة الماهرة والإطار التنظيمى المستقر وغيرها من الظروف التي تمكن التعلم المحلي سوف تنخفض تكلفة استخدام الطاقة المتجددة.

وبشكل عام، أدى استخدام مزيج من السياسات الفعالة مثل تعريفة التغذية ونظام الحصص في كثير من الدول وعلى رأسها ألمانيا والصين، وظهور كيانات تمويلية مبتكرة مثل البنوك الخضراء وأدوات تمويلية متخصصة مثل السندات الخضراء؛ إلى نمو استخدامات الطاقة المتجددة وانخفاض تكاليفها. وظهر ذلك في

[3] يقصد بـ " LCOE ": تكلفة إنتاج الكهرباء Levelized Cost Of Electricity، ويتم حسابها عن طريق قسمة صافي تكلفة تركيب نظام الطاقة المتجددة على الإنتاج المتوقع من هذه الطاقة. ويأتي تفصيلها فيما بعد.

دراسة (الخياط ومحمود، 2009) التي ركزت على اختيار مزيج السياسات المناسب لنشر الطاقة المتجددة في مصر وبعض الدول العربية. واعتمدت الدراسة على تحليل بعض التجارب الدولية التي حققت نجاحاً في تنمية الطاقة المتجددة، لتتوصل إلى أن سياسة تعريفة التغذية هي الأكثر نجاحاً في نشر الطاقة المتجددة. وأنه يمكن الاعتماد على المناقصات التنافسية كبداية لأنها تضمن الحصول على أقل الأسعار. أما دراسة (Saidur et al, 2010) فقد توصلت إلى أنه بدون مزيج من السياسات المحددة للطاقة المتجددة لن يتمكن أي بلد من حل مشاكله المرتبطة بخفض الإنبعاثات وندرة الطاقة وغيرها. كما تعتبر سياسات تعريفة التغذية والحوافز وتسعير الطاقة ونظام الحصص هي السياسات الأكثر تطبيقاً.

وارتقت دراسة (Sun and Nie, 2015) إلى المقارنة بين التأثيرات المختلفة لاستخدام تعريفة التغذية أو نظام الحصص الملزمة. واستخدمت في ذلك نموذج يفترض أن هناك شركة واحدة في قطاع الطاقة، تقوم بإنتاج نوعين منها هما الطاقة المتجددة والطاقة التقليدية. وتوصلت الدراسة إلى أن جميع الدول التي تتبنى استراتيجية للطاقة المتجددة، تستخدم إما تعريفة التغذية أو الحصص، لكن مستوى نمو الطاقة المتجددة في الدول التي استخدمت تعريفة التغذية أعلى من غيرها. وتعتبر تعريفة التغذية أكثر كفاءة لزيادة القدرات المركبة للطاقة المتجددة. أما سياسة الحصص فتكون أكثر إفادة في خفض انبعاثات الكربون. والحسم بينهما يكون على أساس الآثار الخارجية لكل منهما، وعلى حسب أولويات كل دولة. بينما حاولت دراسة (Nordensvard and Urban, 2015) الإجابة عما إذا كان وضع سياسة محددة مثل تعريفة التغذية في ألمانيا يعتبر كافياً أم أنها بحاجة لسياسات أخرى حتى لا تكون عائقاً جزئياً أمام تحول شامل للطاقة. واعتمدت الدراسة على مراجعة الأدبيات السابقة، وتوصلت إلى أنه على الرغم من نجاح سياسة تعريفة التغذية على المدى القصير والمتوسط، إلا أنها يمكن أن تسبب ركوداً لطاقة الرياح في الأجل الطويل بسبب عدم تحفيزها على الابتكار والتطوير المستمر لتكنولوجيات طاقة الرياح. ولذلك ينبغي تنظيم الاستثمار في البحث والابتكار بشكل خاص في تقنيات طاقة الرياح، واستخدام الحوافز اللازمة لتشجيع القطاع الخاص عليه.

واستجابة للانخفاض المستمر في التكلفة، والتوسع العالمي في استخدام سياسات تعريفة التغذية لدعم الطاقة المتجددة، بدأت العلاقة بين استثمارات الطاقة المتجددة عالمياً وأسعار الوقود الأحفوري في التفكك. حيث استمرت الزيادة في استثمارات الطاقة المتجددة وقدراتها المركبة رغم انخفاض أسعار الوقود الأحفوري إلى أقل من 50 دولار للبرميل عام 2015. ولطالما ارتبط نمو الطاقة المتجددة قديماً بارتفاع أسعار النفط إلى المستوى الذي يسمح بتجربة بدائل له. ولم تنخفض استثمارات الطاقة المتجددة منذ عام 2000 حتى عام 2015 إلا مرتين: الأولى، عام 2009، نتيجة تراجع الطلب العالمي بسبب الأزمة المالية العالمية. ولم تتعد نسبة الانخفاض 2%. والمرة الثانية عامي 2012 و 2013 بسبب انخفاض استثمارات الصين لأسباب تتعلق بتحجيم صادراتها في الأسواق الدولية (REN21, 2016: 99) . وفيما يتعلق بمصادر وآليات تمويل الاستثمارات، قامت دراسة (Liming, 2008) بمقارنة تمويل الطاقة المتجددة في المناطق الريفية بين الصين والهند. وقد توصلت إلى أن كلاً من التمويل الحكومي وآليات التمويل الدولية والتمويل الخاص، جميعها قامت بأدوار مختلفة في مراحل مختلفة لتنمية الطاقة المتجددة، ليس بشكل فردي وحسب، بل أيضاً في تركيبات مختلفة. ومن أبرز العوامل المشتركة أن التمويل الحكومي كان حاسماً في برامج تنمية الريف. وفي اتجاه آخر، أكدت دراسة (Ottinger and Bowie, 2014) أن شروط مؤسسات التمويل

التقليدية لا تناسب مشروعات الطاقة المتجددة ذات الأجل الطويل والعوائد المتأخرة والمخاطر الكثيرة، والتي من أبرزها أنها تقام غالباً في مناطق محرومة من البنية التحتية. كما أن المؤسسات التقليدية تقوم بالإقراض بغرض الربح في الظروف المعتادة، وهي لا تتوقع ربحاً قصير الأجل من مشروعات الطاقة المتجددة. وعليه، لابد من وجود مصادر تمويل مبتكرة مثل التمويل متناهي الصغر والقروض الميسرة والاستفادة من المنح التي تقدمها المؤسسات الدولية.

وبينت دراسة (Hall et al, 2016) أثر اختلاف مؤسسات التمويل على هيكل ملكية مشروعات الطاقة المتجددة، وذلك من خلال تحليل مقارن لهيكل ملكية مشروعات الطاقة المتجددة في كل من ألمانيا والمملكة المتحدة. وقد توصلت الدراسة إلى أن البنوك المحلية وتحديداً بنوك الادخار والبنوك التعاونية ساهمت في زيادة ملكية المواطنين والقطاع الخاص لمشروعات الطاقة المتجددة على عكس المملكة المتحدة. وتوصلت دراسة (Mazzucato and Semieniuk, 2017) إلى أن كل جهة من جهات التمويل لديها خصائص مختلفة، ومن ثم تختلف عن غيرها في تكوين محفظتها الاستثمارية. وبالتالى تخلق اتجاهات ابتكار، تؤدي لتحفيز نمو تقنيات معينة. فمثلاً يتوجه التمويل الحكومي نحو التكنولوجيات عالية المخاطر ومرتفعة التكلفة، أما المستثمرون المؤسسيون فيميلون إلى تمويل التقنيات الأقل خطورة.

وأخيراً، ما زالت الطاقة المتجددة تتلقى دعماً مالياً مباشراً في أغلب الدول، مما جعل البعض يتساءل حول قدرتها على الاستمرار بدون الدعم المالي المقدم لها. وقد تبين أن الاستثمار في البحث وتطوير تكنولوجيات الطاقة المتجددة هو أفضل وسيلة لتقليل تكاليفها، ومن ثم تخفيف الدعم المالي، الذي تحصل عليه بواسطة تعريفة التغذية المرتفعة. وأوضحت التجارب الدولية أن الحكومة هي من تصلح للقيام بهذه المهمة بشكل مباشر أو غير مباشر (Nordensvard and Urban, 2015: 18).

وتكمن **أهمية الدراسة** في صعوبة الوضع الحالي لقطاع الطاقة المصري، والذي يعتمد على الوقود الأحفوري بنسبة تزيد على 90% في إنتاج الكهرباء، و95% في استهلاك الطاقة الأولية. وتزداد الصعوبة مع تراجع نسب تغطية الإنتاج للاستهلاك المحلي من النفط والغاز الطبيعي في السنوات الأخيرة، لأسباب تتعلق بتراجع الإنتاج في ظل نمو مستمر للاستهلاك المحلي. ورغم التوجهات العالمية نحو تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري- خاصة من جانب الدول المستوردة له- وزيادة الاعتماد على الطاقة المتجددة إلا أن الحكومة المصرية اختارت أن تنشئ ثلاث محطات حرارية يصل مجموع قدراتها إلى 14400 م.و (نصف القدرات الإجمالية الحالية تقريباً). وذلك رغم تمتع مصر بإمكانات كبيرة لاستخدام الطاقة المتجددة. وهذا يعني أن الحكومة ما زالت تواجه صعوبات كثيرة في نشر الطاقة المتجددة من الناحية الاقتصادية. ومع استمرار السحب من الاحتياطيات النفطية وتحول مصر إلى مستورد للنفط بعد أن كانت تُصَدره، ينبغي على الغاز الطبيعي أن يحقق التوازن بين دورين هما: دور مَصْدَر الطاقة الرئيس الذي يغذي احتياجات التنمية، ودور الوقود الرئيس المُصَدَّر الذي يضمن لمصر تدفقاً هاماً من النقد الأجنبي (Ibrahim, 2012 :217).

2- مشكلة الدراسة:

تعتمد مصر بشكل أساسي على الوقود الأحفوري في استهلاكها للطاقة الأولية وفي إنتاج الكهرباء كما سبق القول. وتكمن خطورة هذا الأمر في أن مصر ليست من الدول ذات الاحتياطيات الكبيرة من النفط والغاز. إذ لا تتعدى احتياطياتها منهما 0,2% و 1% عالمياً. ويقدر عدد السنوات المتوقع بعدها نفاد النفط والغاز المصريين ما بين 17 و 35 عاماً للنفط ، وما بين 46 و 57 عاماً فى المتوسط للغاز (معهد التخطيط القومي، 2015: 42). وقد بدأ فائض إنتاج النفط والغاز فى التقلص خلال السنوات الأخيرة، وتحول فائض النفط إلى عجز بدءاً من عام 2012 لتصبح مصر في عداد الدول المستوردة له. وظهر العجز في إنتاج الغاز عام 2015.

وفيما يتعلق باالطاقة المتجددة، فمنذ بدأ تشغيل أول محطة للرياح بالغردقة عام 1993، وحتى عام 2015 لم يتم تركيب سوى 750 م.و من طاقة الرياح، و 20 م.و قدرات شمسية حرارية، وأقل من 20 م.و طاقة كهروضوئية، وذلك على مدار ما يقارب 22 عاماً. فيما لم تُضف قدرات جديدة للطاقة الكهرومائية فوق 2800 م.و من قبل ذلك بكثير (هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، 2015: 17-33). ويثير هذا الأمر تساؤلات عديدة نظراً لتمتع مصر بإمكانات كبيرة على مستوى الإشعاع الشمسي ومتوسط سرعات الرياح، وهو ما استدعى مناقشة الأبعاد الاقتصادية لاستخدامات الطاقة المتجددة في مصر.

وتتميز مصر بانخفاض تكلفة إنتاج الكهرباء من طاقة الرياح، وهي أقل من تكلفة استخدام الديزل والغاز الطبيعي. ورغم ذلك لجأت الحكومة إلى إنشاء ثلاث محطات حرارية بنظام الدورة المركبة يزيد مجموع قدراتها على أربعة أضعاف القدرات المركبة للطاقة المتجددة المصرية طوال تاريخها شاملة الطاقة الكهرومائية. وذلك على عكس التوجهات العالمية حالياً. واعتمدت مصر في إنشاء مشروعات الطاقة المتجددة على نظام المناقصات، بتقسيم القدرات المطلوبة إلى حزم. يستغرق إنشاء كل حزمة منها مناقصة منفردة، وسنوات طويلة من الترتيب والتفاوض حتى يتم ترسيتها على المشروع المنفذ. ولجأت الحكومة المصرية إلى التمويل الخارجي بالكامل، نظراً لعدم توافر النقد الأجنبي والخبرة الفنية لإقامة مثل هذه المشاريع، فضلاً عن ارتفاع نسبة المكون الأجنبي فيها. وعندما أقرت تعريفة التغذية في عام 2014، ماطلت الحكومة المصرية في علاج مسألة التحكيم الدولي وغيرها، حتى تخلت غالبية الشركات الأجنبية عن الاستثمار في مصر.

وتستهدف مصر في استراتيجيتها التي وُضعت عام 2008، الوصول بالقدرات المركبة للطاقة المتجددة إلى نسبة 20% من إجمالي القدرات عام 2022. وخلال الفترة من عام 2008 وحتى عام 2015 تم استكمال قدرات محطة الزعفرانة، وإنشاء محطة الكريمات بمكون شمسي 20 م.و، ومحطة خليج الزيت (1) بقدرات 200 م.و، في حين تحتاج مصر لما يزيد عن 8000 م.و لتحقيق هدف 2022. ويأتى تفصيل ذلك فيما بعد.

ومن خلال ما سبق، يمكن القول أن مشكلة الدراسة الحالية تتلخص في الإجابة عن التساؤلات الآتية:

1- هل تساهم الطاقة المتجددة في تعزيز البعد الاقتصادي للتنمية المستدامة (التنمية الاقتصادية) مثلما تعزز البعدين البيئي والاجتماعي؟
2- ما هي العوامل المؤثرة في خفض تكلفة الطاقة المتجددة في مصر؟
3- ما هي السياسات المناسبة لتحفيز استخدامات الطاقة المتجددة ومصادر التمويل في ضوء التجارب الدولية؟
4- ما هي الآثار الاقتصادية المترتبة على استخدام الطاقة المتجددة في مصر؟

3- هدف الدراسة:

تهدف الدراسة إلى تحليل الوضع الحالي لهيكل إنتاج واستهلاك الطاقة التقليدية والسياسات المرتبطة بها في مصر، ومناقشة دوافع وتحديات التحول نحو الطاقة المتجددة، ثم تحليل تكاليف استخدام الطاقة المتجددة والسياسات المناسبة لتنميتها ومصادر تمويلها وآثارها الاقتصادية، وذلك بغرض زيادة استخدامات الطاقة المتجددة في مصر.

4- فرضيات الدراسة:

تسعى الدراسة **لاختبار الفرضيات** التالية:

1. تلعب الطاقة المتجددة دوراً مباشراً في تحقيق أهداف التنمية المستدامة لما بعد عام 2015.
2. يمكن أن تتحسن تكاليف إنتاج الطاقة المتجددة في مصر رغم الاعتماد الكامل على التمويل الخارجي.
3. يرجع التباطؤ في نمو استخدام الطاقة المتجددة في مصر إلى قصور سياسات الطاقة المتجددة ووجود خلل في هيكل التمويل.
4. تعد الآثار الاقتصادية لاستخدامات الطاقة المتجددة في مصر بمثابة قنوات مباشرة لتعزيز استدامة النمو.

5- منهج الدراسة:

تعتمد الدراسة على **المنهجين التحليلي والمقارن** في سياق الوصول إلى أهدافها واختبار فرضياتها. حيث يتم الاعتماد على المنهج الوصفي التحليلي لدراسة الجوانب المتعلقة بالطاقة التقليدية في مصر، وتوضيح دوافع التحول نحو الطاقة المتجددة وتحدياته، ثم تحليل تكاليف الطاقة المتجددة، وعرض السياسات المناسبة لتحفيزها والآليات المبتكرة لتمويلها. وذلك استناداً إلى بيانات تم الحصول عليها من مصادرها التقليدية مثل التقارير الدورية ومواقع الإنترنت والأدبيات السابقة. كما سيتم الاعتماد في الجانب التطبيقي على المنهج المقارن، لتسليط الضوء على نفس الأبعاد المذكورة سابقا في اقتصاد كل من ألمانيا والصين للمقارنة وتحقيق الاستفادة المرجوة منهما في الحالة المصرية.

6- خطة الدراسة:

وفي ضوء ما سبق، تنقسم الدراسة إلى أربعة فصول بالإضافة إلى فصل تمهيدي. ويتناول الفصل التمهيدي بعض المفاهيم المرتبطة بالطاقة المتجددة وأنواعها واستخداماتها. أما الفصل الأول فيتناول الإطار النظري للدراسة بدءاً بعلاقة الطاقة المتجددة بأبعاد التنمية المستدامة عامةً، ثم يبدأ التركيز على الجوانب الاقتصادية لاستخدام الطاقة المتجددة، وهي تكاليف وسياسات استخدام الطاقة المتجددة بالإضافة إلى مصادر وآليات تمويل استثماراتها، وأخيراً يتم تحليل الآثار الاقتصادية لاستخدام الطاقة المتجددة. وفي الفصل الثاني تنتقل الدراسة إلى تحليل واقع الطاقة المتجددة عالمياً، ثم الأبعاد الاقتصادية لاستخدامات الطاقة المتجددة في كل من ألمانيا والصين.

بينما تم تخصيص الفصلين الثالث والرابع لدراسة الحالة المصرية. ففي الفصل الثالث يتم تحليل هيكل إنتاج واستهلاك الطاقة التقليدية بشكل عام والسياسات المرتبطة بها، قبل الانتقال للمقارنة بين الواقع الحالي وبين الإمكانات التي يمكن استغلالها للطاقة المتجددة في مصر، ثم استخلاص الدوافع التي تحتم الاعتماد بشكل متزايد على الطاقة المتجددة وتحليل التحديات المصاحبة لذلك. وتم إفراد الفصل الرابع والأخير لدراسة الأبعاد الاقتصادية لاستخدام الطاقة المتجددة في مصر في ضوء الإطار النظري والتجارب الدولية. واختتمت الدراسة بالنتائج والمقترحات.

الفصل التمهيدي
الطاقة المتجددة: المفاهيم والأنواع والاستخدامات

تأتي مصادر الطاقة المتجددة (Renewable Energy) كبديل لطاقة الوقود الأحفوري (Fossil Fuel)، الذي يمثل المصدر الرئيس للطاقة عالمياً. وتُعد الطاقة المتجددة أقدم مصادر الطاقة التي عرفها الإنسان. بيد أن اكتشاف الوقود الأحفوري الرخيص بما يوفره من ميزات اقتصادية وفنية وسهولة في الاستخدام جعله المسيطر على هيكل استهلاك الطاقة منذ عقود، وذلك رغم ما يسببه من تلوث بيئي. وتختلف استخدامات الوقود الأحفوري باختلاف أنواعه التي تتمثل في النفط الخام والفحم والغاز الطبيعي. ويستخدم النفط الخام كوقود للسيارات والطائرات والسفن وفي المصانع ورصف الطرق والصناعات البتروكيماوية. أما الفحم فيستخدم بشكل أساسي في محطات إنتاج الكهرباء لتوافره بكميات كبيرة. ويستخدم الغاز الطبيعي في إنتاج الكهرباء وفي المنازل نظراً لسهولة نقله واستخدامه وخلوه من الشوائب، وهو ما يجعله الوقود الأحفوري الأنظف حالياً. وتتمثل الدوافع الأساسية للاتجاه المتنامي نحو الاعتماد على استخدام الطاقة المتجددة في: تراجع احتياطيات الوقود الأحفوري مع استمرار الزيادة في الاستهلاك العالمي من الطاقة، والحاجة إلى تأمين الاحتياجات المتزايدة من الطاقة النظيفة غير المسببة للاحتباس الحراري، وأيضاً رغبة الدول المتقدمة المستوردة للوقود الأحفوري في التخلص من سيطرة محتكري إنتاج هذا الوقود (إتكين، 2005: 13-15).

1- الطاقة المتجددة: المفهوم- الأهمية

تُعرف الطاقة المتجددة بأنها الطاقة المستمدة من الظواهر الطبيعية متكررة الحدوث، وتتجدد بوتيرة أسرع من استهلاكها، ولا يترتب عليها انبعاثات تضر بالبيئة (الوكالة الدولية للطاقة[4]، برنامج الأمم المتحدة للبيئة[5]، إدارة معلومات الطاقة الأمريكية[6]). ويلاحظ من التعريف السابق أن الطاقة المتجددة تتميز بالتلقائية والدورية (التجدد) على عكس الوقود الأحفوري. كما يلاحظ اشتراط التجدد وليس اللامحدودية، لأنه منطقياً لا يوجد شئ غير محدود في الكون. ويذكر أن هذا التجدد يحدث في إطار ظروف معينة ونظام بيئي متناغم ومستقر. وإذا حدث اختلال ما لهذا النظام كارتفاع درجة حرارة الأرض أو ما يعرف بالاحتباس الحراري، قد تختل خاصية التجدد المصاحبة للظواهر البيئية في الأجل البعيد. وتعتبر الطاقة المتجددة حلاً مناسباً وسريعاً لمواجهة تغير المناخ. بل إن تغير المناخ قد يكون له أثراً سلبياً فيما بعد على مصادر الطاقة المتجددة. بمعنى آخر، سيؤثر تغير المناخ على العوامل المناخية الرئيسة مثل الإشعاع الشمسي وهطول الأمطار وسرعات الرياح واتجاهاتها ودرجات الحرارة والرطوبة. وهذه هي الظواهر الطبيعية التي تُستَمَد منها الطاقة المتجددة (Nejat et al, 2015: 847).

ويتحفظ البعض على استخدام مصطلح الطاقة المتجددة، بأنه لا يمكن وصف الطاقة بالتجدد. ذلك أن مصادرها هي التي تتجدد – وليست الطاقة ذاتها– كما في حالة سطوع وغياب الشمس. ومن ثم، ينبغي

[4] موقع وكالة الطاقة الدولية www.iea.org
[5] موقع برنامج الأمم المتحدة للبيئة www.unep.org
[6] موقع ادارة معلومات الطاقة الأمريكية www.eia.gov

استخدام مصطلح المصادر المتجددة للطاقة بدلاً من مصطلح الطاقة المتجددة (كامبيل وآخرون، 2004: 270). ويُذكر أن وصف الطاقة بأنها متجددة هي مجرد تسمية للتمييز بينها وبين الطاقة المستمدة من مصادر أحفورية أو نووية. وهي ليست خاصية للطاقة ذاتها.

ويأتي توافر الطاقة على رأس محددات قياس مستوى جودة الحياة ورفاهية الإنسان. ويترتب على انخفاض إنتاجها أو جودتها تراجعاً في مستوى جودة الحياة. وهنا تظهر أهمية الطاقة المتجددة، لأنها تمتاز بالتنوع وإمكانية توفيرها في المناطق النائية مما ينعكس على رفع مستوى رفاهية سكان هذه المناطق (الخياط، 2013: 49-50). وتساعد الطاقة المتجددة بشكل غير مباشر في القضاء على الجوع وتوفير حياة صحية وآمنة. فهي تتيح الطاقة اللازمة لاستخدام المعدات وزيادة الإنتاج الزراعي، وتقلل من تلوث الهواء الناتج عن استخدام الكتلة الحيوية التقليدية. ومن الناحية الاقتصادية توفر استثمارات الطاقة المتجددة وظائف أكثر من الوقود الأحفوري. ولهذه الأسباب، تعتبر الطاقة المتجددة مدخلاً أساسياً لتحقيق التنمية المستدامة وعاملاً مشتركاً في أهداف الأمم المتحددة للتنمية المستدامة (العرادى، 2012: 6).

2- مصادر الطاقة المتجددة واستخداماتها:

تتوفر في جميع مصادر الطاقة المتجددة صفتي التجدد وعدم الإضرار بالبيئة، ولكنها تختلف فيما بينها من حيث الخصائص والتكنولوجيا المستخدمة. ويمكن تقسيم مصادر الطاقة المتجددة إلى مصادر رئيسة تتمثل في (طاقات الشمس والرياح والطاقة المائية وطاقة جوف الأرض والوقود الحيوي) ومصادر غير رئيسة تتمثل في (طاقة الهيدروجين وطاقة المد والجزر وغيرها).

وجدير بالذكر أنه لا يوجد تعريف واضح لما يسمى بمصادر الطاقة المتجددة والجديدة. فقد يستخدم للتعبير عن مصادر الطاقة غير التقليدية أو البديلة لما هو شائع الاستخدام في بلد ما. ويستخدمه البعض تعبيراً عن مصادر تم استحداث تكنولوجيا جديدة لإنتاج الطاقة منها بعد التغلب على ما كان يعوق استخدامها تجارياً (النقراشى وآخرون، 2009: 98). وعلى الأرجح، لقد استخدم الإنسان الطاقة المتجددة منذ قرون لكن ليس استخداماً تجارياً، وإنما اقتصر على الاستخدامات المنزلية التقليدية لتحقيق الاكتفاء الذاتي. وعليه، تتمثل الطاقة المتجددة التقليدية (غير التجارية) في مصادر الطاقة التي كانت شائعة في القرون الماضية واستخدمت بطرق تقليدية. ومثال ذلك استعمالات الكتلة الحيوية قبل ظهور النفط والتي من بينها تجفيف مخلفات المحاصيل بالشمس واستخدامها كوقود للطهي والتدفئة وكذلك الخشب وروث الحيوانات (حدة، 2012: 150). وتشير الطاقة المتجددة الجديدة إلى الاستخدامات الحديثة والتجارية للطاقة المتجددة مثل إنتاج الكهرباء.

أما استخدامات الطاقة المتجددة فيقصد بها الحاجات التي يرغب الإنسان في إشباعها من خلال تلك الطاقة مثل الطهي والتدفئة قديماً وإنتاج الكهرباء حديثاً. ويعتبر التطور التكنولوجي داخل الدولة هو المؤثر في مستوى الإفادة من الطاقة المتجددة. ذلك أن الطاقة المتجددة تتمتع بالوفرة والانتشار على عكس الوقود الأحفوري الذي يمثل توافره لدى دولة ما ميزة نسبية لهذه للدولة، وعنصراً حاكماً في الوصول للطاقة.

2-1 المصادر الرئيسة للطاقة المتجددة:

هي المصادر التي استُخدمت بشكل تجاري وتأكدت جدواها الاقتصادية والفنية مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الكهرومائية وغيرها (الغيطانى وعبدالغنى، 2012: 4).

2-1-1 الطاقة الشمسية (Solar Energy):

هي الطاقة المستمدة من ضوء وحرارة الشمس. وتعود معظم مصادر الطاقة المتوفرة على سطح الأرض إلى أشعة وحرارة الشمس. فقد نشأ الوقود الأحفوري نتيجة تعرض النباتات والحيوانات الميتة إلى حرارة الشمس وضغط الأرض خلال فترات زمنية طويلة. كما تعتبر الشمس بشكل مباشر وراء تحركات الرياح وهي مصدر طاقة باطن الأرض (مركز الدراسات والبحوث، 2010: 4).

وتتميز الطاقة الشمسية بمواصفات تجعلها أفضل مصادر الحصول على الطاقة. فهي طاقة مجانية ونظيفة ومتوفرة في كل مكان تقريباً. ولذلك تزداد أهميتها في ظل محدودية مصادر الطاقة التقليدية (Edenhofer et al, 2012: 351-355). وتتنوع استخدامات الطاقة الشمسية ما بين إنتاج الكهرباء والاستخدامات الحرارية:

أولاً: استخدام الطاقة الشمسية في إنتاج الكهرباء

تستخدم الكهرباء المنتجة بواسطة الشمس على نطاق صغير في تشغيل السفن والقوارب، وإنارة المنازل، وإضاءة الطرق والسكك الحديدية وما شابه ذلك. ويتم إنتاج الكهرباء من خلال الشمس بطريقتين هما:

أ- تكنولوجيا الطاقة الشمسية المركزة (CSP) **Concentrated Solar Power**: حيث يتم تركيز أشعة الشمس بواسطة الأسطح العاكسة حتى تزداد شدة الطاقة المجمعة بصورة كبيرة، مما يؤدي إلى تسخين الوسائط الموجودة في بؤرة الأسطح العاكسة، ومعها ترتفع حرارة المياه فيظهر البخار اللازم لتحريك توربينات إنتاج الكهرباء(اتكين، 2005: 30). ويلاحظ أن هذه التقنية لا تختلف عن حرق الوقود الأحفوري لإنتاج الحرارة وتسخين المياه. لذا يتم المزج بينها وبين محطات الوقود الأحفوري.

ب- تكنولوجيا الخلايا الكهروضوئية (PV) **Photovoltaic**: وهي عبارة عن خلايا أو ألواح مصنوعة من السيليكون تقوم بتحويل ضوء الشمس مباشرةً إلى كهرباء.

ثانياً: استخدامات أخرى للطاقة الشمسية

أ- تستخدم الطاقة الشمسية في تحلية المياه بطريقتين، إحداها أن يكون جهاز تجميع الطاقة الشمسية هو نفسه جهاز التحلية. ويمثل ذلك المقطرات الشمسية. والطريقة الأخرى تكون بتجميع الطاقة الشمسية وتحويلها إما إلى حرارة باستخدام المركزات الشمسية، ومن ثم استخدامها لتشغيل وحدات التحلية الحرارية أو يتم إنتاج الكهرباء من الخلايا الشمسية واستخدامها في إدارة وحدات التحلية.

ب- تستخدم الطاقة الشمسية في تسخين المياه وطهي الطعام عن طريق تكنولوجيا السخانات الشمسية وما يعرف بالطباخ الشمسي. كما تستخدم في تكييف وتبريد الهواء، وفي معالجة مياه الصرف الصحي.

ج- ينتشر استخدام الطاقة الشمسية في قطاع الزراعة. فيتم من خلالها إدارة ماكينات ضخ الماء وتجفيف المحاصيل وتفريخ الدجاج وتجفيف السماد العضوي، وإنتاج بعض المحاصيل في غير مواسمها العادية على مدار العام من خلال الصوبات البلاستيكية، التي تقوم بتجميع حرارة الشمس وتمنع تسربها بنفس المعدل (مركز الدراسات والبحوث، 2010: 5).

2-1-2 طاقة الرياح (Wind Energy):

هي الطاقة المستمدة من حركة الرياح نتيجة وجود فروق في الضغط الجوي. وقد استخدمت طاقة الرياح قديماً في إدارة طواحين الهواء وتسيير السفن الشراعية. وتستخدم حالياً بشكل أساسي في إنتاج الكهرباء عن طريق توربينات، يمكن تثبيتها على الأرض (onshore) أو على الشواطئ وفي البحار(offshore). وتقوم محولات خاصة بتحويل الطاقة الميكانيكية الناتجة عن دوران الشفرات إلى طاقة كهربائية. وتزداد كمية الطاقة المنتجة كلما زادت سرعة الرياح، وكلما زاد طول قطر الشفرات. وقد جرى تطوير تكنولوجيا التوربينات الهوائية لتعمل بكفاءة في المناطق التي بها سرعات رياح منخفضة، حيث توضع على ارتفاعات كبيرة من سطح الأرض (اتكين، 2005: 23).

وتتميز طاقة الرياح بانتشارها النسبي، وهي ليست موزعة بصورة متساوية عالمياً، ولا تتوافر غالباً بالقرب من التجمعات السكنية حيث الاستهلاك الكثيف للطاقة. ومن ثم فإن طاقة الرياح لن تسهم على نحوٍ متساوٍ في الوفاء باحتياجات الطاقة لكل بلد. وبالإضافة لكونها متجددة وغير ملوثة للبيئة، يمكن الاستفادة بأراضى المحطات في أغراض الزراعة على عكس المحطات الأخرى. لكن يعيب طاقة الرياح صعوبة التنبؤ بها مسبقاً، وأنها قد تؤثر على مسارات هجرة الطيور إذا كانت الشفرات تتحرك بسرعة. ويصدر عن توربينات الرياح ضوضاء عالية، لذا يفضل إقامتها بعيداً عن المناطق السكنية.

2-1-3 طاقة المياه (Water Energy):

عرف الإنسان الطاقة المائية قبل اكتشاف طاقة البخار في القرن الثامن عشر، حيث استخدم ما يعرف بالنواعير لإدارة مطاحن الدقيق وآلات النسيج ونشر الأخشاب. وبعد اكتشاف الكهرباء، بدأ استعمال المياه لتوليد الطاقة الكهربائية (أمينة، 2001: 226)، وذلك بطرق مختلفة تتوقف على طبيعة المصدر. ويمكن تعريف طاقة الماء بأنها الطاقة المستمدة من حركة المياه أو احتجازها (ركودها). ومثال ذلك:

أ- طاقة المد والجزر:

وتقوم الفكرة على وجود فارق دوماً بين منسوب المياه وقت المد ومنسوبها وقت الجزر. هذا الفارق يشكل مصدراً كبيراً للطاقة بالنظر إلى كميات المياه التي تتعرض لهذه الحركة في الساعة الواحدة (عياش،1981: 90).

ب- طاقة الأنهار أو المساقط المائية:

يمكن إنتاج الكهرباء بواسطة التوربينات التي تُثَبت أسفل السدود والخزانات المبنية على الأنهار أو التي توضع لاستغلال تساقط المياه من أماكن مرتفعة (الشلالات).

ج- طاقة التدرج الحراري لمياه المحيطات:

تمتص المياه جزءاً من أشعة الشمس فيتحول إلى طاقة حرارية تؤدي إلى رفع درجة حرارة المياه علي السطح، وتتدرج في الانخفاض مع زيادة عمق المياه حتي تتلاشي الحرارة تماماً. وتصبح المياه في الأعماق أبرد منها علي السطح. هذا التدرج الحراري يمكن الاستفادة منه في إنتاج البخار أو الاستعانة بغازات عضوية تتبخر عند درجات حرارة منخفضة لتشغيل التوربينات الموصولة بمولدات كهربائية.

وتمتاز الطاقة الكهرومائية عموماً بأنها رخيصة في أماكن توافر المياه. ويتوقف حجم الناتج من الطاقة على معدل تدفق المياه. لكن بناء السدود والخزانات يُرتب بعض الآثار السلبية على المستوى البيئي والاجتماعي من بينها: أن السدود والخزانات تقلل من كمية المياه الجارية نتيجة للتبخر العالي في الخزان، وبالتالي تقل كمية المياه الواصلة إلى البلدان التالية على خط النهر. كما أن إنشاء محطة كهرومائية كبيرة قد يؤثر على توزيع المياه الجوفية في المناطق المجاورة. وقد تؤدي المحطة الكهرومائية لتغيير النظام الأيكولوجي للمنطقة وتؤثر على أماكن هجرات ومعيشة الأسماك، وتُلوث مياه النهر. أيضاً تمنع السدود وصول الطمي وعناصر التربة الجيدة إلى الأماكن التي كانت تصل إليها قبل بنائها. ومع حدوث أية كارثة بيئية كالزلازل مثلاً قد ينهار السد وتحدث فيضانات عارمة. وأخيراً يؤدي بناء السدود الكبيرة إلى تهجير عدد غير قليل من سكان المنطقة وإبعادهم عن منازلهم أو هدمها، لكنه قد يحميهم أيضاً من فيضانات كانت تحدث قبل بنائه. وقد دفعت هذه الخصائص إلى استثناء الطاقة الكهرومائية الكبيرة من مجموعة الطاقة المتجددة والاكتفاء بالمحطات صغيرة ومتوسطة الحجم (الخياط، 2006: 58).

يمكن الاستفادة من طاقة المياه عن طريق إقامة محطات متناهية الصغر وصغيرة وكبيرة أو عملاقة. وتستخدم متناهية الصغر في توفير حاجة أحد الفنادق أو المستشفيات القريبة للطاقة. وتستطيع المحطة الصغيرة توفير طاقة كهربائية كافية لتغذية إحدى القرى. أما المحطات الكبيرة فتقام على السدود والخزانات الضخمة، وهي تنتج كميات كبيرة من الطاقة تكفي لتغذية مدن كاملة. وتعتبر المحطات الصغيرة ومتناهية الصغر أفضل الحلول لمشكلة نقص الطاقة في بعض المناطق النائية. خاصة وأنها توفر التكلفة الكبيرة لخطوط نقل الكهرباء، وتأثيراتها على النظام الأيكولوجي منخفضة. بينما تتطلب المحطات الكبيرة أعمالاً مدنية واسعة ومساحات كبيرة من الأرض وتكاليف رأسمالية كبيرة.

2-1-4 طاقة الكتلة الحيوية (Biomass Energy):

يطلق مصطلح الكتلة الحيوية (Biomass) على المواد العضوية الناتجة عن النباتات - شاملة الطحالب - بالإضافة إلى المحاصيل والأشجار، التي حصلت في الأساس على طاقتها من الشمس عبر البناء الضوئي. أو هي المواد العضوية الناتجة من مخلفات المحاصيل الغذائية أو منتجات أخرى مثل اللب والورق والجزء النظيف من المخلفات المحلية الصلبة (Herzog et al, 2001: 10) . وتتوافر الكتلة الحيوية في كل مكان على سطح الأرض، وهي منخفضة التكلفة ولا تتقيد بعوامل جغرافية مقارنة بباقي أنواع الطاقة المتجددة.

أما الطاقة الحيوية (Bioenergy) فهي نتاج تحويل مواد الكتلة الحيوية إلى أشكال مفيدة من الطاقة مثل الحرارة أو الكهرباء. ويتميز الوقود الحيوي بأنه وقود طبيعي المصدر وغير ملوث للبيئة. ولذلك يمكن أن يحل محل النفط والغاز في الصناعة وفي قطاع النقل، ويحقق كفاءة أعلى في الآداء ويقلل التلوث البيئي.

وتوجد ثلاثة أنواع رئيسة من الوقود الحيوي وفقاً لمصدر المادة الخام. وتشمل: الوقود الصلب والسائل والغازي. يُطلق **الوقود الصلب** على الكتلة الحيوية الخشبية ومنها مخلفات الغابات حيث يتم حرقها مباشرة وإنتاج الطاقة الحرارية اللازمة للتدفئة وتوليد الكهرباء. أما **الوقود السائل** فيُستخرج من بعض المحاصيل أو الزيوت النباتية مثل عباد الشمس وفول الصويا لإنتاج الديزل الحيوي، أو المحاصيل المحتوية على نسبة سكريات عالية أو نشويات مثل القمح والذرة وقصب السكر لإنتاج الإيثانول. وهذا ما يعرف بزراعة الطاقة.

وتجرى الأبحاث حالياً لاستخراج الإيثانول الحيوي من البقايا النباتية عن طريق معالجتها لتكون قابلة للتخمر بدلاً من الاعتماد على المحاصيل الغذائية في إنتاجه. ويُستمد **الوقود الغازي** من تحلل المادة العضوية في أجواء معينة، حيث ينطلق غاز الميثان فيتم تجميعه والاستفادة منه. ويحدث هذا التحلل تلقائياً في مقالب النفايات (الفياض، وأبو رمان، 2009: 2).

ويؤدي الاعتماد بشكل أساسي على الكتلة الحيوية الصلبة إلى زيادة الضغط على النظام الأيكولوجي بتقطيع أشجار الغابات. وبتناقُص مساحة الغابات تزداد نسبة الكربون في الهواء (العرادى، 2012: 57). وقد تدفع زيادة الطلب على الوقود الحيوي السائل إلى المنافسة على الأراضي الزراعية، وبالتالي ارتفاع أسعار الغذاء، الأمر الذي يشكل خطراً على الأمن الغذائي لسكان العالم الأكثر فقراً. ولكن، تجدر الإشارة إلى أن الطاقة الحيوية تتميز عن غيرها بأنه يمكن إنتاجها من المخلفات، وبقايا الحيوانات، وفضلاتها بالإضافة إلى قش الأرز، ونشارة الخشب، ومن الطحالب المائية، ونباتات أخرى سريعة النمو وغير ذات قيمة غذائية مثل الجاتروفا*. كما أن تحسين إنتاجية المحاصيل وتوسيع المساحة المزروعة وتكثيفها قد يزيد الإنتاج الغذائي ويقلل تكاليف الوقود الحيوي (الفياض، وأبو رمان، 2009: 4). ويتجه الابتكار التكنولوجي نحو أجيال جديدة من الوقود الحيوي تعتمد على مواد أخرى غير المحاصيل الزراعية.

هذا، وتستخدم الكتلة الحيوية في صورتين، الأولى هي الكتلة الحيوية التقليدية منخفضة الكفاءة مثل الخشب والقش وروث الماشية. ويعتمد عليها السكان الأكثر فقراً في الطهي والإنارة وتدفئة المنازل[7]. وغالباً ما يجري حرق هذا النوع بشكل غير كفء، فيؤدي إلي آثار سلبية خطيرة على الصحة وجودة الهواء. أما الصورة الثانية فتتمثل في استخدام كافة أشكال الكتلة الحيوية لتوليد الحرارة والكهرباء، وفي قطاع النقل كوقود. فيتم إنتاج الحرارة بالحرق المباشر، ولكن في أماكن مصممة خصيصاً لذلك. ويستخدم الإيثانول والديزل الحيويين بنسب معينة مع الوقود الأحفوري كوقود للسيارات، وفي محطات إنتاج الكهرباء. وكذلك يستخدم الغاز المشتق من نفايات الكتلة الحيوية في توليد الكهرباء، وفي تدفئة المنازل وغيرها (Edenhofer et al, 2012: 46).

2-1-5 طاقة باطن الارض (Geothermal Energy):

يطلق عليها أيضاً الطاقة الحرارية الأرضية. وهي عبارة عن طاقة حرارية مرتفعة ذات منشأ طبيعي ومختزنة في باطن الأرض. ويعتقد أن وجودها عائد إلى انحلال بعض العناصر المشعة مثل اليورانيوم والثوريوم والبوتاسيوم على أعماق كبيرة (العرادى، 2012: 59). ويوجد مصدرين للحصول على هذه الطاقة هما المياه الجوفية الحارة والصخور الحارة. وقد عرف الإنسان الينابيع الحارة قديماً في الاستشفاء والاستحمام وعلاج بعض الأمراض. أما الصخور الحارة فتوجد في المناطق النشطة بركانياً أو في أعماق سحيقة داخل الأرض. وتتميز طاقة حرارة باطن الأرض بأنها ذات جدوى مقبولة اقتصادياً في المناطق الحارة، وغير ملوثة للماء أو الهواء. وتستخدم طاقة حرارة الأرض بشكل أساسي في توليد الكهرباء، ويتطلب

* هي شجرة ترتفع ما بين 5: 8 أمتار لحظة نضجها، ذات أفرع غليظة وأوراق عريضة وثمارها عبارة عن كبسولة طولها 2 الى 3 سم، تزهر في أبريل وتثمر في مايو، يتم زراعتها في المناطق الصحراوية، متوسط عمرها 50 سنة. هذه الأشجار لا تحتاج إلي تسميد أو استصلاح أو مياه كثيرة للرى. ومع تلك البساطة في زراعتها فهي غنية بما يمكن الحصول عليه منها اقتصاديا واجتماعيا وتنمويا. وقد أطلق عليها الذهب الأخضر.

[7] تعرف الكتلة الحيوية التقليدية بأنها الاستخدام غير المستدام في أغلب الأحيان للأخشاب والفحم النباتي والمخلفات الزراعية وروث الماشية في أغراض الطهي والتدفئة.

ذلك حفر أنابيب كثيرة إلى أعماق بعيدة في الأرض للوصول إلى الحرارة اللازمة لتسخين سوائل أخرى ذات درجة غليان منخفضة، فينطلق البخار محركاً توربينات إنتاج الكهرباء. كما تستخدم طاقة حرارة الأرض بشكل مباشر في تدفئة وتبريد المباني، وبرك الأسماك، وأماكن العلاج الصحي، وحمامات السباحة، وتطهير المياه أو تحليتها، وتسخين المياه في قطاع الصناعة وغيره (Edenhofer et al, 2012: 73).

2-2 المصادر غير الرئيسة للطاقة المتجددة:

وهي مجموعة المصادر التي ما زالت في طور الدراسات والتجارب، وتتواجد على نطاق ضيق وفقاً لمعيار الجدوى الاقتصادية والاستخدام عكس مصادر الطاقة المتجددة الرئيسة. ومن أهم هذه المصادر طاقة المد والجزر والتي سبق توضيحها باعتبار أنها إحدى طاقات المياه، وطاقة الهيدروجين.

2-2-1 طاقة الهيدروجين (Hydrogen power):

الهيدروجين هو أبسط العناصر المعروفة في الطبيعة، وأكثرها وفرةً. ولا يوجد بشكل منفرد أبداً بل يكون دائماً مرتبطاً بعناصر أخرى مثل الأكسجين والكربون[8]، ويعني ذلك ضرورة فصله عن هذه العناصر. ويتم إنتاج الهيدروجين بأكثر من طريقة أشهرها:

أ- إعادة تشكيل الغاز الطبيعي بواسطة البخار (Steam Reforming of Natural Gas):

يتكون الغاز الطبيعي من الميثان والهيدورجين. ولفصل الهيدروجين تتم مفاعلة الغاز الطبيعي مع البخار تحت حرارة عالية في غرفة احتراق وبوجود عامل مساعد. وتعد هذه الطريقة هي الأقل تكلفة لإنتاج الهيدروجين حالياً. وتعد الأسلوب الأكثر انتشاراً على المستوى التجاري في الولايات المتحدة.

ب- التحليل الكهربائى للماء (Electrolysis):

وتتمثل في إجراء تحليل لجزيئات الماء باستخدام التيار الكهربي، يتم من خلاله تفكيك الماء إلى مكوناته الأكسجين والهيدروجين. ولا ينتج عن هذه العملية أية انبعاثات لغاز ثاني أكسيد الكربون إلا في حال كانت الكهرباء المستخدمة لتفكيك جزيئات الماء مستمدة من أحد أنواع الوقود الأحفوري. ويمكن التغلب على ذلك باستخدام كهرباء منتجة من مصادر متجددة. ويتم إجراء عملية التحليل الكهربائي للماء عند درجات حرارة عالية لتقليل التكلفة، إذ أن هذه العملية تحتاج إلى قدر كبير من الطاقة. وتجرى الأبحاث حاليا لتطوير طرق أخرى مثل استخدام الميكروبات التي تعتمد على الضوء لإنتاج الهيدروجين أو استخراج الهيدروجين من مواد الكتلة الحيوية بعد تحويلها إلى سائل[9].

ويتميز الهيدروجين بأن لديه أعلى محتوى للطاقة من حيث الوزن مقارنةً بأي وقود آخر (3 مرات أكثر من البنزين)، كما يمتلك أدنى محتوى من حيث الحجم. ويعتبر وقود الهيدروجين ناقلاً جيداً ورخيصاً للطاقة في المسافات الطويلة جداً. ويتم ذلك عبر مواسير خاصة وهو أفضل من نقلها ككهرباء عبر أسلاك الجهد العالي (إسماعيل، والشكيل، 1998: 139). ويعتبر وقود الهيدروجين مثالياً بالنسبة لمحركات الاحتراق الداخلي وللسفن والطائرات.

[8] موقع إدارة معلومات الطاقة الأمريكية www.eia.gov
[9] موقع ادارة معلومات الطاقة الأمريكية www.eia.gov

الفصل الأول

اقتصاديات الطاقة المتجددة والتنمية المستدامة

المبحث الأول: الطاقة المتجددة في سياق التنمية المستدامة

المبحث الثانى: تكاليف استخدام الطاقة المتجددة

المبحث الثالث: سياسات استخدام الطاقة المتجددة

المبحث الرابع: تمويل استثمارات الطاقة المتجددة

المبحث الخامس: الآثار الإقتصادية لاستخدام الطاقة المتجددة

مقدمة:

ارتبط النمو الاقتصادي بضرورة توفر الطاقة على رأس مقوماته الأساسية، وهو ما أدى إلى زيادة استهلاك الوقود الأحفوري رغم أنه ملوث للبيئة وقابل للنضوب. ولطالما كان النمو الاقتصادي طاغياً على الجانبين الاجتماعي والبيئي في القرنين الماضيين حتى عُقد أول مؤتمر عالمي عن البيئة في ستوكهولم عام 1972، وانتهي بإنشاء برنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP). وفي السنة ذاتها، صدر تقرير نادي روما الشهير بعنوان "حدود النمو" والذي حذر من العواقب البيئية الخطيرة للنمو الاقتصادي المتسارع ومن عدم قابلية الأوضاع الحالية للاستدامة. ومن هنا بدأ الحديث عن تنمية مستدامة.

وتهدف التنمية المستدامة إلى مراعاة الأبعاد الأخرى التي تضمن استمرار النمو الاقتصادي دون تهديد لفترات طويلة وفي مقدمتها البعدين البيئي والاجتماعي. ولذلك تعرف التنمية المستدامة بأنها عمل مقترح لتحسين نوعية الحياة البشرية في حدود البيئة العالمية (Mensah and castro, 2004: 3). وفيما يتعلق بالطاقة يُشترط أمران للتوافق مع التنمية المستدامة، أولهما: الحصول على الطاقة من مصادر نظيفة (البعد البيئي). والأمر الثاني: العمل على وصول الطاقة إلى الفئات المهمشة بأسعار معقولة (البعد الاجتماعي). ويمكن للطاقة المتجددة تحقيق الأمرين بكفاءة. حيث تعتبر طاقة نظيفة وواسعة الانتشار، وتتمتع باللامركزية والقدرة على الوصول إلى المناطق النائية.

ويتوقف نجاح الطاقة المتجددة في النمو والتطور على عدة أبعاد اقتصادية. يأتي على رأس هذه الأبعاد: تكلفة إنتاج الطاقة المتجددة. وهي مرتفعة مقارنة بالبديل الأحفوري، الذي يتلقى دعماً سعرياً رغم آثاره السيئة على البيئة والمجتمع. ويعد إلغاء هذا الدعم من بين الحلول المطروحة لرفع أسعار الوقود الأحفوري حتى يعبر عن تكلفته الحقيقية. والبعد الثانى: اختيار أنسب السياسات لزيادة استخدامات الطاقة المتجددة، ما بين تعريفة التغذية ونظام الحصص وغيرها. وذلك على حسب المرحلة التي وصلت إليها سوق الطاقة المتجددة. وهناك بُعد التمويل، وتتأثر القدرة على الوصول إلى التمويل بالسياسة المهيمنة في قطاع الطاقة المتجددة. وتحتاج مشروعات الطاقة المتجددة بحكم طبيعتها إلى مصادر مبتكرة للتمويل مثل البنوك الخضراء.

وعند دراسة الأبعاد الاقتصادية للطاقة المتجددة يتم التركيز غالباً على سياسات أو تمويل الطاقة المتجددة. ولكن هذا ليس كافياً، فرغم أهمية هذين البعدين إلا أن تحديد الجدوى الاقتصادية واختيار السياسات المناسبة لمشروعات الطاقة المتجددة يتم بناءً على ما تكشفه التكاليف الفعلية لكل نوع من أنواع الطاقة المتجددة والمقارنة بينها وبين الطاقة التقليدية. لهذا، فإنه بعد توضيح الروابط بين الطاقة المتجددة والتنمية المستدامة في المبحث الأول من هذا الفصل استكمالاً للفصل التمهيدي في التعريف بالطاقة المتجددة؛ تنتقل الدراسة مباشرة في المباحث التالية إلى تناول الأبعاد الاقتصادية للطاقة المتجددة بدءاً بتكاليف استخدام الطاقة المتجددة. ثم يأتي في المبحثين الثالث والرابع على التوالى سياسات استخدام الطاقة المتجددة والسياسات المكملة لها في قطاع التمويل. أما المبحث الخامس فهو بعنوان آثار الطاقة المتجددة، وفيه يتم تناول أثر الطاقة المتجددة على الناتج والتوظيف والدخل وغيرها.

المبحث الأول

الطاقة المتجددة في سياق التنمية المستدامة

1- مفهوم التنمية المستدامة:

وضعت اللجنة الدولية للبيئة والتنمية أول تعريف للتنمية المستدامة عام 1987. ويتمثل في أنها التنمية التي تفي باحتياجات الأجيال الراهنة دون الجور على قدرة الأجيال القادمة على الوفاء باحتياجاتها. وفي مؤتمر قمة الأرض عام 1992 تم التأكيد على أن للتنمية المستدامة ثلاث مكونات هي: التنمية الاقتصادية والتنمية الاجتماعية وحماية البيئة، يوجد بينها جميعاً ترابطٌ وثيقٌ ويعزز كل منها الآخر. وهو الأمر الذي أكدت عليه قمة التنمية المستدامة في جوهانسبرج عام 2002. ومنذ ذلك الحين، توالى ظهور مفاهيم أكثر تخصصاً مثل الاستدامة الاقتصادية. وهي تهتم بتطوير والحفاظ على الأصول التي يصنعها الإنسان أو ما يعرف برأس المال المصنوع. وهناك الاستدامة البيئية التي تُعنى بتدفقات الموارد من البيئة إلى الاقتصاد والمجتمع والمخلفات العائدة للبيئة من كلٍ منهما أي الحفاظ على رأس المال الطبيعي؛ ذلك الذي يحوي - ضمن ما يحوي - موارد الطاقة المتجددة وغير المتجددة. أما الاستدامة الاجتماعية فتتعلق بالحفاظ على النسيج الاجتماعي الحاضن للنشاط الإنساني بكل صوره أو شبكة العلاقات الاجتماعية التي تربط بين أفراد المجتمع فيما يسمى برأس المال الاجتماعي. وغير ذلك من المفاهيم التي دفعت الفكر الاقتصادي نحو تعريف جديد للتنمية المستدامة يدور حول كيفية إدارة الثروة الكلية للمجتمع أو إدارة محفظة الأصول الرأسمالية بالمعنى الواسع لرأس المال بطريقة تضمن ثبات أو زيادة متوسط نصيب الفرد منها عبر الزمن (العيسوي، 2011: 9-14).

وبالرغم من الاتفاق على فكرة الاستدامة بشكل عام إلا أنه يوجد خلافٌ واضحٌ بين أنصار التنمية المستدامة حول علاقة الإنسان بالبيئة وموقع البيئة من عملية التنمية. ونتيجة لذلك ظهر ما يعرف بنماذج الاستدامة الضعيفة والقوية. ويطلق على نموذج **الاستدامة الضعيفة** (Weak Sustainability) اسم نموذج الاستبدال. ويؤمن أنصار هذا النموذج بأنه إذا كان الهدف من الاستدامة الحفاظ على رأس المال الكلي في المجتمع، فإنه يمكن تحمل استنزاف الموارد الطبيعية (رأس المال الطبيعي) في مقابل تعويض أو استبدال ذلك بمزيد من رأس المال المصنوع الذي يحقق أكبر استفادة ممكنة بقدر أقل من الموارد الطبيعية. أي أنه يمكن معالجة التدهور البيئي واستنزاف الموارد وباقي المشكلات البيئية من خلال بنية تحتية وآلات ونقل وتكنولوجيا معلوماتية أكثر قدرة ومرونة وفاعلية في التعامل مع البيئة. بينما يعتقد أصحاب نموذج **الاستدامة القوية** (Strong Sustainability) أن التنمية المستدامة يجب أن تبدأ من منظور بيئي يضاف إليه تعديلات جوهرية في الجانبين الاقتصادي والاجتماعي. ذلك أنه لا يوجد بديل لرأس المال الطبيعي ولا يمكن تعويضه برأس المال المصنوع أو غيره. وبما أن استيعاب الغلاف الجوي لغازات الدفيئة محدود، فإنه يجب الحفاظ على مخزون الموارد الطبيعية غير القابلة للاستبدال(Ramos and Bashiri, 2013 :11) .

ووفقاً للفريق الأول فإن نظرة المجتمع للبيئة وتسخيرها لتحقيق أعلى مستويات ممكنة من النمو الاقتصادي ليست سبباً في الأزمات البيئية ونقص الموارد الطبيعية. وإنما ترجع الأزمات المتمثلة في تلوث الماء والهواء ونفاد الموارد وتناقص التنوع البيولوجي وأخيراً تغير المناخ إلى بعض الممارسات السلبية الناتجة عن جهل

بعض البشر بطريقة التعامل مع البيئة. ومن ثم ليس ضرورياً إحداث تغييرات جذرية فيما يتعلق بفلسفة النمو والتقدم الاقتصادي، وإنما يكفي سن تشريعات ملزمة لتقليل الممارسات الضارة بالبيئة. في المقابل ينظر أنصار الاستدامة القوية إلى الأرض على أنها مورد ناضب غير متجدد، وبالتالي لابد من إعادة النظر في مسألة النمو الاقتصادي اللا محدود، وتكييف أنماط الحياة لتتناسب مع الطبيعة المهددة بالفناء بدلاً من تكييف الأرض لتناسب الاحتياجات اللامتناهية للبشر(Ramos and Bashiri, 2013 :12) .

2- أبعاد ومؤشرات التنمية المستدامة:

ليس من الممكن قياس التنمية المستدامة قياساً دقيقاً، نظراً لتعدد أبعاد الاستدامة وصعوبة تطويع بعضها للقياس الكمي، ولاسيما القياس النقدي الذي يتحيز له علم الاقتصاد. لكن يمكن الاعتماد على بعض المؤشرات لمتابعة مدى التقدم نحو التنمية المستدامة بأبعادها الثلاثة: البعد البيئي والاجتماعي والاقتصادي (معهد التخطيط القومي، 2011: 22). ولا يعني ذلك تجاهل وجود أبعاد أخرى مثل البعد البشري والبعد الثقافي والمؤسسي والخارجي. وإنما تقتصر المؤشرات المستخدمة على الأبعاد الثلاثة السابقة لأنها الأكثر شمولاً. وعلى كلٍ، لابد أن يحظى البعد البيئي ومؤشراته بأولوية لأنه الأكثر معاناة من استخدامات الطاقة، وهو بمثابة الإطار الذي يحتوي بقية الأبعاد. بالإضافة إلى أنه لا يمكن تجاوز القدرة الاحتمالية للبيئة.

2-1 البعد البيئي للتنمية المستدامة "الاستدامة البيئية":

يقصد بالبعد البيئي للتنمية المستدامة الحفاظ على سلامة الأوساط والنظم البيئية المختلفة للتأكد من قيامها بوظائفها واستخدامها بالشكل الذي يفيد الأجيال الحاضرة ولا يحرم منها الأجيال القادمة (معهد التخطيط القومي، 2011: 22). وتغطي مؤشرات قياس الاستدامة البيئية كلاً من الغلاف الجوي ونوعية الهواء، والأرض، والمياه (United Nations, 2008: 44-52) . وسيتم التركيز على المؤشرات التي ترتبط أكثر بقطاع الطاقة.

أولاً: مؤشرات الغلاف الجوي ونوعية الهواء (Atmosphere and Air Quality Indicators)

أ- نصيب الفرد من انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون

ب- حجم انبعاثات غاز الميثان في المليون طن متري

رغم أنه توجد ستة أنواع من الغازات التي تسبب الاحتباس الحراري إلا أن المؤشرات تركز على الكربون والميثان لأنهما الأكثر تأثيراً. ويأتي كلا النوعين غالباً من خلال الأنشطة البشرية مثل استخدام الطاقة الأحفورية في عمليات التصنيع، والنقل، وفي المنازل، ونتيجة لإزالة الغابات.

ج- انبعاثات الملوثات البشرية المشتركة

وتشتمل هذه الملوثات على أول أكسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين والمركبات العضوية المتطايرة وثاني أكسيد الكبريت والرصاص وغيرها. وجميعها يأتي من استهلاك الطاقة الأحفورية في التصنيع وعدم معالجة انبعاثاتها، ومن انبعاثات قطاع النقل حيث يتم استخدام البنزين المشبع بالرصاص. كذلك استخدام وقود الكتلة الحيوية التقليدية في أماكن مفتوحة بعيداًعن اعتبارات الكفاءة. ويترتب على تشبع الهواء بهذه الملوثات كثير من الآثار السلبية المباشرة على الصحة العامة وغير المباشرة مثل الأمطار الحامضية، التي تؤثر سلباً على الغطاء النباتي والتربة والمياه.

ثانياً: مؤشرات الأرض (Land Indicators)

أ- نسبة الأراضي المتدهورة

ترجع أسباب تدهور الأراضي إلى الفقر والضغط السكاني بدرجة كبيرة. ذلك أن الفقراء يميلون إلى الضغط على قاعدة الموارد الطبيعية من خلال ممارسات زراعية غير مستدامة مثل زراعة الأرض قبل استعادة عافيتها أو زراعة عدة محاصيل مختلفة في وقت ضيق. ويمارس الضغط السكاني أثره على انخفاض مساحة الأراضي الصالحة للزراعة بسبب البناء السكني العشوائي. ومع تغير بعض العوامل الطبيعية مثل انخفاض معدلات الأمطار أو سقوط الأمطار الحامضية يؤدي الفقر والضغط السكاني إلى تصحر الأراضي. ويسهل توقع آثار هذا التصحر من مجاعات وسوء تغذية وهجرات جماعية وعدم استقرار اجتماعي.

ب- مساحة الغابات كنسبة مئوية من المساحة الكلية للأراضي

يعتبر زيادة مساحة الأراضي المغطاة بالغابات من أبرز الأهداف الإنمائية للألفية. فهي تعد أغنى النظم الأيكولوجية على سطح الكوكب باحتوائها على 70% من التنوع البيولوجي عالمياً. وتستطيع أن توفر مجموعة واسعة من الخدمات البيئية والاجتماعية والثقافية ولها أهمية اقتصادية كبيرة. وتكمن مشكلة الغابات في استخداماتها التي تتجاوز بكثير معدلات تجددها. ويرجع ذلك إلى الاعتماد الكبير عليها للحصول على الغذاء مباشرة أو استخراج الأدوية من نباتاتها النادرة أو استخدام أخشابها كوقود تقليدي. وتعتبر الغابات مصدر دخل إضافي للمزارعين الفقراء عن طريق بيع الحيوانات البرية والنباتات مقابل احتياجاتهم الأساسية. وقد تتم إزالة الغابات لأغراض الزراعة.

ثالثاً: مؤشرات المياه (Water Indicators)

أ- مؤشر حاجز المياه (الموارد المتجددة / السكان)

ب- مؤشر الاستدامة (استخدام المياه / الموارد المتجددة للمياه)

ويعبر المؤشر الأول عن نصيب الفرد السنوي من الموارد المتجددة المتاحة من المياه، بينما يقيس المؤشر الثاني كمية المياه المستخدمة إلي مجموع الكمية المتجددة. هذا، وتعاني موارد المياه العذبة النادرة من تصريف النفايات الصناعية، ومن بعض السلوكيات الفردية مثل إلقاء الحيوانات الميتة في الأنهار. ولذلك لابد من إدارة المياه بعناية لضمان إمكانية الحصول علي مياه الشرب الآمنة بشكل ميسر واستيفاء احتياجات الصناعة والزراعة منها، وعدم الإضرار بالنظام الأيكولوجي عند استخدام المياه في إنتاج الطاقة (الإسكوا، 2001: 28).

2-2 البعد الاجتماعي للتنمية المستدامة "الاستدامة الاجتماعية":

تعتبر الاستدامة الاجتماعية مثل حالة إيجابية يعيشها أفراد المجتمع، أو هي العملية التي تتم للوصول إلى هذه الحالة. وتتسم الاستدامة الاجتماعية بالإنصاف في الحصول على السلع والخدمات الأساسية من صحة وتعليم ونقل وسكن وترفيه، وتوفير مشاركة سياسية واسعة النطاق، وعدالة في توزيع فرص العمل، ورفع مستوى الوعي والثقافة العامة (McKenzie, 2004: 14). وبلغة رأس المال، تتعلق الاستدامة الاجتماعية بالحفاظ على رأس المال الاجتماعي؛ ذلك الذي يتكون من أصول (موجودات) ثلاثة هي الأفراد والجماعات والمؤسسات تربط بينهم شبكة من العلاقات (التفاعلات) الاجتماعية، وهي محكومة بمجموعة القوانين والقيم

والأعراف السائدة. ويترتب على هذه التفاعلات آثاراً متباينة تشمل تحديد الهوية والانتماء والعدل الاجتماعي، أوالتفاوت الطبقى والاستبعاد الاجتماعي والتعصب العرقى، أو حتى الفساد بكل صوره (الإسكوا، 2001، 53). وتغطي مؤشرات قياس الاستدامة الاجتماعية جوانب تخص الإنسان مباشرة مثل التعليم والصحة، وجوانب أخرى تخص بيئته الاجتماعية مثل الفقر (الإسكوا، 2001: 12-13)

أ- مؤشرات التعليم وتشمل معدلات الإلمام بالقراءة والكتابة بين البالغين، ونسبة الالتحاق بالمدارس الابتدائية والثانوية، ومعدل محو أمية الكبار.

ب- مؤشرات الصحة ومن بينها عدد السكان الذين لا يحصلون على المياه الآمنة وعدد السكان الذين لا يحصلون على الخدمات الطبية.

ج- مؤشرات السكان وتنحصر في معدل النمو السكاني، ومعدل التوسع العمراني (التحضر).

د- مؤشرات مكافحة الفقر وهي معدل البطالة، وعدد السكان الذين يعيشون تحت خط الفقر، وعدد السكان الذين لا تصلهم خدمات الطاقة (فقر الطاقة).

ورغم أنها مؤشرات اجتماعية بحتة إلا أنها تتصل مباشرة بالجانبين الاقتصادي والبيئي. ومن ذلك:

- الآثار البيئية والاقتصادية لارتفاع معدل النمو السكاني

تؤدي الزيادة غير المحسوبة في عدد السكان من جهة إلى توسع عمراني عشوائي يصعب معه توفير خدمات المياه والطاقة، فيتم اللجوء إلى مصادر غير آمنة صحياً وملوثة بيئياً. ومن جهة أخرى سوف تتسع دائرة الفقر إذا لم يتم زيادة معدلات الاستثمار لاستيعاب النمو السكاني والبطالة. وهذا الاتساع في دائرة الفقر يمثل ضغطاً على قاعدة الموارد الطبيعية. ويمارس أثره في سوء استخدام الغابات وإرهاق الأراضي الزراعية للحصول على الطاقة والغذاء.

- الآثار البيئية والاقتصادية لارتفاع معدلات التعليم

يساهم التعليم بشكل أساسي في زيادة الوعي البيئي بمشكلات مثل التغير المناخي وثقب الأوزون. ويساعد في تغيير أنماط إنتاج واستهلاك الطاقة غير المستدامة. ويُمكّن التعليم أيضاً من دراسة البدائل الأخرى للوقود الأحفوري، وتعزيز التطور التكنولوجي وابتكار حلول لمشكلات نقص الطاقة.

2-3 البعد الاقتصادي للتنمية المستدامة "الاستدامة الاقتصادية":

يتوقف النمو الاقتصادي على تراكم رأس المال المادي. وتنظر التنمية المستدامة لهذا النوع من رأس المال على أنه أحد المكونات الرئيسة للثروة الكلية في المجتمع، والتي يتعين تنميتها من أجل ضمان استمرار النمو. وبناءً عليه، ترتبط الاستدامة الاقتصادية بالحفاظ على رأس المال المادي بما يضمن استمرار النمو الاقتصادي. ويشمل رأس المال المادي الأصول التي يتم استخدامها بشكل متكرر في عمليات الإنتاج. وتنقسم إلى أصول ملموسة مثل الآلات والمعدات والطرق والموانئ والمطارات، وأصول غير ملموسة مثل البرامج الإلكترونية والمصنفات الفنية. وتتمثل مؤشرات قياس الاستدامة الاقتصادية فيما يلي:

أ- نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي

ب- حصة الاستثمار الثابت الإجمالي في الناتج المحلي الإجمالي

ج- صادرات السلع والخدمات/واردات السلع والخدمات

وتهدف هذه المؤشرات الثلاثة لقياس بعض المتغيرات الاقتصادية الكلية مثل نمو الناتج المحلي الإجمالي والاستثمار. وهي مؤشرات اقتصادية بحتة لا تُبرز أي تشابكات مع الأبعاد الأخرى. ومن ثم لا تعبر عن حالة الاستدامة. كما أنها قد تكون خادعة وتُخفي ورائها تفاوتاً شديداً في توزيع الدخول أو استنزافاً لثرواتٍ طبيعية بحجة زيادة الصادرات. ويتطلب الأمر مؤشراً اقتصادياً غير تقليدي للتعبير عن استدامة البعد الاقتصادي دون إهمال للبعدين البيئي والاجتماعي.

د- صافي الادخار المعدل (Adjusted Net Savings)

هو أحد المؤشرات التي يمكن أن تفي بالغرض. ويتم حسابه بأربع خطوات هي: خصم إهلاك رأس المال من الادخار الإجمالي للحصول على صافي الادخار المحلي، وبعد ذلك تُضاف نفقات التعليم باعتبارها استثماراً في رأس المال البشري، ثم يُخصم منها تقديرات استنزاف الموارد الطبيعية كانخفاض في الأصول، وأخيراً تُخصم تكاليف انبعاثات ثاني أكسيد الكربون كمؤشر على أضرار التلوث. وتكون النتيجة ما يعرف بصافي الادخار الحقيقي المعدل (Adelle and Pallemaerts, 2009: 43-44). ويلاحظ أن هذا المؤشر يحسب الادخار الحقيقي آخذاً في الاعتبار أمرين: الاستثمار في رأس المال البشري (بعد اجتماعي)، واستنزاف الموارد الطبيعية وتقييم أضرار التلوث (بعد بيئي).

ه- نصيب الفرد السنوي من استهلاك الطاقة

ويوحي مؤشر نصيب الفرد من استهلاك الطاقة بأن كل أفراد المجتمع تصلهم خدمات الطاقة بنفس الجودة. وقد لا يكون ذلك صحيحاً، إذ تعاني المناطق العشوائية والنائية من نقص خدمات الطاقة. ويفضل استخدام مؤشرات أخرى مثل نسبة القرى التي لا تصلها خدمات الكهرباء، أو نصيب الفرد من استهلاك الطاقة في كل قرية أو مدينة، أو نسبة الأفراد الذين يعتمدون على الطاقة المتجددة.

و- نسبة الدين إلى الناتج المحلي الإجمالي

إذا كان مؤشر نسبة الدين إلى الناتج المحلي منخفضاً، فإنه يتيح حرية أكبر للتصرف في الإنفاق الحكومي وإعادة توزيعه في أغراض التعليم والصحة وحماية البيئة.

3- دور الطاقة المتجددة في تحقيق التنمية المستدامة:

3-1 الطاقة والنمو الاقتصادي:

قبل ظهور مفهوم التنمية المستدامة، كان توفر الطاقة أيا كان مصدرها شرطاً ضرورياً للنمو الاقتصادي. ويرجع ذلك للعلاقة القوية التي تربط النمو باستهلاك الطاقة. وحتى على المستوى الفردي، يرتبط متوسط دخل الفرد بعلاقة إيجابية مع نصيبه من استهلاك الطاقة. وإذا افترضنا أن دخل الفرد هو المتغير المستقل، فإن زيادة هذا الدخل غالباً ستزيد من استهلاك الفرد للطاقة. وانخفاض هذا الدخل أو انعدامه لن يمكن الفرد من الحصول على خدمات الطاقة الحديثة بشكل كافي. ولكن على المستوى الكلي، لا يوجد اتفاق عام حول اتجاه العلاقة السببية بين استخدام الطاقة وزيادة الناتج (معدل النمو) أو الدخل. وتعتمد النتيجة بشكل حاسم على المنهجية التجريبية المستخدمة، وكذلك الفترة الزمنية قيد الدراسة (Edenhofer et al, 2012: 718) .

ومع ذلك، هناك أربع فرضيات لن تخرج عنها نتيجة العلاقة بين الطاقة والنمو، وهي أن تؤدي زيادة استهلاك الطاقة إلى ارتفاع معدل النمو الاقتصادي، وأي محاولة لخفض استهلاك الطاقة ستؤثر سلباً عليه (فرضية النمو). وقد يؤدي النمو إلى زيادة استهلاك الطاقة، دون أن يكون لخفض استهلاك الطاقة تأثيراً على النمو (فرضية الحفاظ على الطاقة)، ويمكن في هذه الحالة التوسع في استخدام سياسات ترشيد استهلاك الطاقة. أما إذا كان استهلاك الطاقة يؤثر على النمو والعكس كذلك نكون أمام فرضية التغذية العكسية. وأخيراً، قد لا يكون هناك ارتباط بين معدل النمو واستهلاك الطاقة وهي فرضية الحياد (Ibrahim, 2015: 314).

وأيا كانت الفرضية الثابتة، تجدر الإشارة إلى أمرين، الأول: أن زيادة استهلاك الطاقة لا يُشترط أن تحل مشكلة الفقر. إذ توجد بعض البلدان ذات الاستهلاك الواسع من الطاقة - بحكم توفر مصادرها الأحفورية - ولديها معدلات عالية للفقر. والأمر الثاني: أن ارتفاع مستوى التقدم والرفاهية وزيادة الدخل ليس شرطاً أن يصحبه زيادة في استهلاك الطاقة. والدليل أن بعض الدول المتقدمة مثل اليابان تظهر مستويات عالية جداً من الدخل عند مستويات منخفضة نسبياً من استخدام الطاقة (عياش، 1981: 290-318).

3-2 الطاقة المتجددة والنمو المستدام:

بعد عقد مؤتمر ريودى جانيرو عام 1992 وُضعت خطة عمل مكونة من أربعة أبواب ضمن ما يعرف بجدول أعمال القرن الحادي والعشرين. وظهرت قضايا الطاقة وعلاقتها بالاستدامة في الباب الأول وهو بعنوان التنمية الاقتصادية والاجتماعية، وكذلك في الباب الثاني الذي جاء بعنوان كيفية الحفاظ على الموارد الطبيعية. وتتمثل أهم العناصر المتعلقة بالطاقة في: 1) زيادة القدرة على الوصول إلى الطاقة وخاصةً في المناطق الريفية؛ 2) تحسين كفاءة إنتاج واستهلاك الطاقة؛ 3) تشجيع تطبيقات الطاقة المتجددة؛ 4) تعزيز استخدام الوقود الأكثر نظافة واستخدام تكنولوجيا نظيفة للوقود الأحفوري؛ 5) رفع كفاءة ونظافة الطاقة في قطاع النقل؛ 6) تشجيع التعاون الدولي والإقليمى. وفي سبتمبر من العام 2000، تم توقيع إعلان الأمم المتحدة للألفية والذي بات يستهدف تخفيض نسبة الفقر إلى النصف بحلول عام 2015 ضمن مجموعة أهداف عُرفت باسم الأهداف الإنمائية للألفية. ويستوجب تحقيق هذا الهدف توفير خدمات الطاقة للفقراء والمهمشين بأسعار مناسبة. بعدها عُقد مؤتمر القمة العالمي للتنمية المستدامة في "جوهانسبرغ" عام 2002. وتم وضع خطة تنفيذ عرفت بخطة جوهانسبرغ. وتتكون من عشرة فصول، كلها تتصل بالطاقة بشكل أو بآخر. لكن ما يتصل مباشرة بالطاقة لأغراض التنمية المستدامة كان في إطار تخفيف وطأة الفقر، وتغيير الأنماط غير المستدامة في الاستهلاك والإنتاج، وحماية وإدارة قاعدة الموارد الطبيعية (الإسكوا، 2004: 5-8). ونالت الطاقة المتجددة نصيباً أكبر من الاهتمام في أهداف التنمية المستدامة لما بعد عام 2015.

على كل حال، مع استقرار مفهوم التنمية المستدامة كان لابد من نقلة نوعية في مصادر واستخدامات الطاقة تتناسب مع وتراعي الأبعاد الثلاثة للتنمية المستدامة. وكانت الطاقة المتجددة هي الخيار الأمثل نظراً للتشابكات العديدة التي تربطها بأبعاد التنمية المستدامة.

3-2-1 الطاقة المتجددة والبعد البيئي:

يعتبر إنتاج واستخدام الوقود الأحفوري بأنماط بعيدة عن الكفاءة مصدراً أساسياً للتلوث البيئي. وهو ما يجعله من أخطر التهديدات للتنمية المستدامة. وقد أدى الاستخدام غير المستدام للوقود الأحفوري إلى تلوث الهواء المحلي، واستنفاد طبقة الأوزون وتغير المناخ العالمي. ويستخدم الوقود الأحفوري في الصناعات كثيفة استهلاك الطاقة وفي قطاع النقل بشكل أساسي. وتؤدي كثافة الاستهلاك في هذين القطاعين تحديداً إلى تلوث الهواء بانبعاثات الكربون والكبريت والرصاص وغيرها. وتعتبر محطات توليد الكهرباء، التي تعتمد على الفحم أو الغاز مصدراً آخراً للغازات المسببة للاحتباس الحراري. ولا تخلو عمليات التنقيب عن النفط والغاز من تأثيرات بيئية خطيرة. وسوف يتسبب الإصرار على الوقود الأحفوري في استمرار حرارة الأرض بالارتفاع. ومن ثم، تَصعُب السيطرة على أضرار تغير المناخ من ارتفاع لمستوى المحيطات، وعدم القدرة على زراعة بعض المحاصيل الغذائية، وتصحر الأراضي الزراعية وغيرها. ويؤدي حرق الكتلة الحيوية التقليدية كبديل لطاقة الوقود الأحفوري في المناطق الريفية أو النائية إلى آثار سلبية مباشرة على صحة البشر.

هذا في حين أنه لا تَصدُر عن تقنيات الطاقة المتجددة أية انبعاثات لغاز ثاني أكسيد الكربون خلال عمليات توليد الكهرباء. بيد أن تصنيع المعدات التي ستستخدم لإنتاج الكهرباء من المصادر المتجددة، ونقلها، وتنفيذ الأعمال المدنية اللازمة يؤدي إلى إصدار بعض الكربون. وتتباين كميات هذه الانبعاثات تبعاً لمصادر إنتاج الكهرباء في البلد الذي يتم فيه تصنيع المعدات والتجهيزات والهياكل الحديدية، وحسب وسيلة نقل هذه المعدات، والمسافة بين مراكز التصنيع ومواقع المحطات(الإسكوا، 2012: 38).

وبناءً عليه، يمكن للطاقة المتجددة وتحديداً طاقتي الشمس والرياح أن تقلل من انبعاثات غازات الدفيئة. وذلك لأن انبعاثاتها تكاد تكون معدومة مقارنةً بالوقود الأحفوري. وبالتالي تمنع ما يترتب على الاحتباس الحراري من تصحر وأمطار حمضية وآثار سلبية أخرى. وقد أصبح في الإمكان تصميم المحطات الكهرومائية بشكل أكثر تطوراً، ولا يهدد التنوع البيولوجي. وبرغم ذلك ستبقى آثارها الاجتماعية السلبية والمتمثلة في تهجير بعض السكان والقضاء على مصادر عيشهم من صيد الأسماك. ويوفر استخدام الكتلة الحيوية بتكنولوجياتها الحديثة الطاقة النظيفة للمناطق الريفية، كما يخفف من آثار تغير المناخ.

ويمكن استخدام محاصيل الكتلة الحيوية في إعادة الغطاء النباتي لأراضٍ قاحلة، وتحقيق الاستقرار للأراضي المعرضة للتآكل (التناقص). وهو ما يدعم خلق مواطن طبيعية جديدة وتحسين التنوع البيولوجي. فمثلاً، زراعة محاصيل مثل الصفصاف - وهي نباتات ذات دورة حياة قصيرة - في المناطق القاحلة سيوفر المادة الخام للكتلة الحيوية مع تنوع بيولوجي من الحشرات العاشبة، والتي بدورها ستدعم الشبكة الغذائية للعديد من أنواع الطيور. ويمكن إقامة مزارع الرياح في البحر لتجنب تشويه المناظر الطبيعية أو بعيداً عن المواطن الطبيعية ومسارات هجرة الطيور. ويذكر أن مجموع ضحايا الطيور بسبب شفرات التوربينات قليل جداً بالمقارنة بضحايا الصيد غير المشروع، وخطوط الجهد العالي، وإشارات المرور (Herzog et al, 2001: 28-29).

3-2-2 الطاقة المتجددة والبعد الاجتماعي:

ترتبط الطاقة مباشرة بمكافحة الفقر، حيث تلعب دوراً حاسماً في تلبية حاجات الغذاء والمياه والرعاية الصحية والتعليم والمسكن والوصول إلى المعلومات. وبالتالي فإن الحد من الفقر يتطلب توفير إمدادات الطاقة المناسبة والمستدامة للفقراء بأسعار مناسبة. ويتيح توصيل الطاقة لمحطات المياه ضمان وجود مياه آمنة للشرب في المنازل. ويوفر توصيل الطاقة على الفقراء جمع الكتلة الحيوية التقليدية من مناطق بعيدة وحرقها بطرق غير نظيفة للحصول على الدفء ولأغراض الطهي. وبالتالي، يعد توفير خدمات الطاقة الحديثة والموثوقة بكميات كافية عنصراً حاسماً في توفير الاحتياجات الأساسية. ويؤدي نقص خدمات الطاقة كذلك إلى تقليل فرص التعليم والرعاية الصحية والحصول على المعرفة (ECA, 2003: 101). وتتميز الطاقة المتجددة في هذا الصدد، باللامركزية. حيث يمكن أن تصل للمناطق الريفية والمناطق النائية. ويتيح تعدد مصادرها والتكنولوجيات المستخدمة لإنتاجها إمكانية اختيار الأنسب منها للظروف المحلية. وتحافظ الطاقة المتجددة على صحة البشر من تلوث الهواء وتصاعد الأبخرة السامة.

بناءً على ماسبق، يعد دمج الطاقة المتجددة في الشبكات المركزية واستخدام النظم اللامركزية عنصراً مؤثراً في الوصول إلى الطاقة. ويوفر ذلك فرصاً للوصول إلى خدمات الطاقة الحديثة، التي هي أكثر أماناً وانسجاماً مع البيئة مثل استخدام الطاقة الشمسية في تسخين المياه وتجفيف المحاصيل، واستخدام الوقود الحيوي في النقل.

3-2-3 الطاقة المتجددة والبعد الاقتصادي:

يتوقف استمرار النمو الاقتصادي كما سبق القول على توافر إمدادات الطاقة. وتعد الطاقة أمراً ضرورياً في إنشاء الصناعات، وتعزيز القيمة المضافة للأنشطة الصناعية والزراعية القائمة. وهي أساسية لقطاع النقل. وتعتبر الكهرباء مدخلاً أساسياً للأنشطة الإنتاجية الحديثة فضلاً عن صناعة الاتصالات والخدمات. لذا لابد أن تكون الطاقة متاحة باستمرار بكميات وبأسعار مناسبة لدعم عملية النمو الاقتصادي. ويسبب انقطاع إمدادات الطاقة خسائر مالية واقتصادية كبيرة. وقد تتوقف العديد من الصناعات عن الإنتاج أو تقل قدرتها على المنافسة إذا لجأت لشراء المولدات الخاصة.

وتعد فواتير استيراد الطاقة إحدى أكبر مصادر الدين الخارجي وعجز ميزان المدفوعات للبلدان الأشد فقراً. وقد باتت مسألة أمن الطاقة أو تأمين الإمدادات مؤرقة بشدة للدول المستوردة للطاقة بسبب التوزيع اللامتكافئ لموارد الوقود الأحفوري (ECA, 2003: 101). وتلعب الطاقة المتجددة دوراً هاماً في تحقيق الاستدامة الاقتصادية من خلال رفع مستوى تأمين إمدادات الطاقة وتقليل مخاطر استيرادها بتوفير الكهرباء من مصادر مختلفة بدلاً من الاعتماد على الوقود الأحفوري منفرداً، كما تساهم في خلق مزيد من فرص العمل مقارنة بالوقود الأحفوري(Peltier, 2017: 439).. وتقلل الطاقة المتجددة من فواتير استيراد الطاقة المرتفعة وبالتالي الديون المترتبة عليها. وتقضى النظم اللامركزية للطاقة المتجددة على مخاطر انقطاع الكهرباء من الشبكة المركزية.

3-3 الطاقة المتجددة وأهداف التنمية المستدامة (2015 -2030):

لم تظهر الطاقة المتجددة بشكل صريح ضمن أهداف الأمم المتحدة للتنمية المستدامة (2000 -2015). ومع ذلك فقد ارتبطت بشكل غير مباشر بالهدفين الأول والسابع. حيث يتعلق الهدف الأول بالحد من الفقر والجوع. وتساعد الطاقة المتجددة في تخفيف العبء المادي عن كاهل الفقراء الذين ينفقون جزءاً كبيراً من دخولهم للحصول على الطاقة. وترفع الطاقة المتجددة من معدلات الإنتاج الزراعي في المناطق النائية، ومن ثم تخفض نسبة السكان الذين يعانون من الجوع. ويدور الهدف السابع حول كفالة الاستدامة البيئية. وتساهم الطاقة المتجددة في تحقيقه من خلال توفير الطاقة اللازمة للحصول على مياه آمنة للشرب وخدمات صرف صحي في المناطق الفقيرة إليها. ومن ثم تحسن من مستوى معيشة سكان الأحياء الفقيرة. وهذه إحدى عناصر أو آليات تحقيق هدف كفالة الاستدامة البيئية[1].

ومع حلول عام 2015، تم تطوير وزيادة هذه الأهداف لتغطي موضوعات أخرى على رأسها تغير المناخ. وحازت الطاقة المتجددة على نصيب وافر من الاهتمام في الأهداف 2، 3، 7، 9، 11، 12، 13، 15، وذلك من بين سبعة عشر هدفاً. ويمكن توضيح ذلك من خلال الجدول التالي:

[1] الموقع الرسمي للأمم المتحدة www.un.org

جدول رقم (1-1) دور الطاقة المتجددة في تحقيق أهداف التنمية المستدامة لعام 2030

1. أهداف ذات صلة مباشرة بالطاقة المتجددة		
الهدف	الآلية	الصلة
(7) ضمان حصول الجميع بتكلفة ميسورة على خدمات الطاقة الحديثة والموثوقة والمستدامة	**(7- 1)** زيادة نصيب الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة العالمي	لا يمكن تحقيق هذين الهدفين دون الاعتماد بشكل أكبر على الطاقة المتجددة.
(13) اتخاذ إجراءات عاجلة لمكافحة تغير المناخ وآثاره	**(13- 1)** تعزيز القدرة على التكيف مع أخطار تغير المناخ **(13- 2)** دمج تدابير مكافحة تغير المناخ في السياسات الوطنية	
2. أهداف ذات صلة غير مباشرة بالطاقة المتجددة		
الهدف	الآلية	الصلة
(3) ضمان تمتع الجميع بأنماط حياة صحية ورفاهية لكل الأعمار	**(3- 9)** خفض عدد الوفيات بواسطة الأمراض الناتجة عن تلوث الماء والهواء والتربة	تعتبر الطاقة المتجددة بديلاً نظيفاً للوقود الأحفوري. ويمكن من خلالها تقليل تلوث الماء والهواء والتربة، وخفض عدد الوفيات الناتجة عن هذا التلوث. ويمكن الاستفادة من النفايات في إنتاج الغاز الحيوي.
(9) إقامة بنى تحتية مستدامة وتحفيز التصنيع الشامل والمستدام	**(9- 4)** تحديث الصناعات من أجل تحقيق استدامتها وزيادة كفاءة استخدام الموارد واعتماد التكنولوجيات والعمليات الصناعية النظيفة والسليمة بيئياً	
(11) جعل المدن والمستوطنات البشرية آمنة ومستدامة للجميع	**(11- 6)** الحد من الأثر البيئي السلبي للفرد في المدن وزيادة الاهتمام بنوعية الهواء وإدارة النفايات بشكل مستدام	
(12) ضمان وجود أنماط إنتاج واستهلاك مستدامة	**(12- 4)** تحقيق الإدارة السليمة بيئياً للمواد الكيميائية طوال دورة إنتاجها، والحد من إطلاقها في الهواء والمياه والتربة. **(12- 5)** الحد بدرجة كبيرة من النفايات سواءً بالمنع أو التخفيض أو إعادة التدوير	
3. أهداف قد تتعارض مع الطاقة المتجددة		
الهدف	الآلية	الصلة
(2) القضاء على الجوع وتحقيق الأمن الغذائي وتعزيز الزراعة المستدامة	**(2- 3)** مضاعفة الإنتاجية الزراعية **(2- 4)** إقامة نظم إنتاج غذائي وممارسات زراعية مستدامة، والحفاظ على النظم الأيكولوجية	يشكل إنتاج الوقود الحيوي من المحاصيل الغذائية تهديداً للأمن الغذائي العالمي، إذا حدثت المنافسة بينهما على الأراضي. ويمكن تعويض ذلك بزيادة الإنتاجية الزراعية، وتحسين كفاءة المحاصيل. بينما تتناقص الغابات بسبب الطلب على الكتلة الحيوية، ولكن يمكن زراعة نباتات الطاقة مثل الجاتروفا في المناطق الصحراوية، وخلق بيئات جديدة.
(15) حماية وتعزيز النظم الأيكولوجية الأرضية وإدارة الغابات على نحو مستدام ووقف التصحر وتدهور الأراضي	**(15- 2)** مكافحة التصحر وترميم الأراضي المتضررة من الجفاف والفيضانات وغيرها **(15- 5)** الحد من فقدان التنوع البيولوجي	

المصدر: إعداد الباحث بالاستعانة بـ (Mika and Farkas, 2017: 187-188)

المبحث الثاني

تـكـالــيـف استخدام الطـــــاقـة الـمـتـجـددة

لقد ساهم الوقود الأحفوري في توفير الطاقة منذ الثورة الصناعية الأولى. وحتى الآن لا تزال هناك مشكلات تتعلق بتأثير استخدام هذا الوقود على صحة وسلامة الإنسان، حيث يواجه كثير من دول العالم تراجعاً في جودة الهواء، وتطور الأمر ليصل إلى القلق من تغير المناخ العالمي، الأمر الذي يجعل تكاليف استخدام الوقود الأحفوري أكبر بكثير مما تبدو عليه. وقد دفع ذلك إلى خفض الاعتماد على الوقود الأحفوري من جانب البلدان المستوردة له. ويؤدي تقليص واردات الطاقة إلى زيادة استقلالية الدول المستوردة وانخفاض مخاطر انقطاع الإمدادات (في ظروف الكوارث أو الحروب)، وتجنب تقلبات الأسعار. وتأتي هذه التوجهات في الوقت الذي أصبحت فيه تقنيات الطاقة المتجددة أكثر قوة وفعالية في الظروف الصعبة مثل انخفاض سرعة الرياح أو انخفاض عدد ساعات سطوع الشمس. وتواصل تكاليف الطاقة المتجددة انخفاضها، ويزداد تطورها بشكل ملحوظ بفضل التوجه العالمي نحو الاعتماد عليها. ولا تعتبر الطاقة المتجددة هي البديل الأوحد للوقود الأحفوري، إذ تفضل بعض الدول استخدام الطاقة النووية خاصة مع التحسينات الكبيرة في تكنولوجيا الأمان النووي والتخلص من المخلفات. وبناءً عليه، لا تقتصر دراسة تكاليف استخدام الطاقة المتجددة على التكلفة المادية، وإنما تتجاوز ذلك إلى دراسة تكلفة الفرصة البديلة لمشروعات الطاقة المتجددة، وذلك حتى يمكن وضع السياسات المناسبة لقطاع الطاقة.

1- أنواع تكاليف الطاقة المتجددة:

تنقسم تكاليف استخدام الطاقة المتجددة إلى ثلاثة أنواع على مستوى النشاط هي: تكاليف استخدام الطاقة المتجددة في إنتاج الكهرباء، وتكاليف استخدام الطاقة المتجددة كوقود للنقل والمواصلات، وتكاليف استخدام الطاقة المتجددة في التطبيقات المباشرة في قطاع الصناعة وقطاع التشييد والبناء[2]. وتوجد طريقتان لتصنيف تكاليف الطاقة المتجددة على مستوى المشروع داخل كل نشاطٍ مما سبق، وهما كالآتي:

1-1 التكلفة الخاصة والتكلفة الاجتماعية:

التكلفة الخاصة هي التي يتحملها الأفراد أو الكيانات في سبيل إنشاء مشروع الطاقة المتجددة، أو هي التكلفة المباشرة للمستثمر. وتتمثل أبرز عناصرها في تكلفة الحصول على التمويل والوصول إلى التكنولوجيا. أما التكلفة الاجتماعية فيقصد بها التكاليف الخارجية المترتبة على البيئة وعلى المجتمع ككل نتيجة إنشاء مشروع الطاقة المتجددة. ومثال ذلك تكاليف الأضرار التي تلحق بالنظم الأيكولوجية، وارتفاع أسعار الغذاء بسبب إنتاج الوقود الحيوي(Schwerhoff and Sy, 2017: 8).

[2] الوكالة الدولية للطاقة المتجددة www.irena.org

1-2 التكلفة المحاسبية والتكلفة الاقتصادية:

وتقتصر المحاسبة على تسجيل التكاليف التي تقاس بقيم نقدية مثل تكاليف الإنشاء وتكاليف التشغيل والصيانة وغيرها. أما التكلفة الاقتصادية فتتضمن قياس الآثار البيئية والاجتماعية (الآثار الخارجية) لمشروعات الطاقة المتجددة. ويظهر ذلك في إطار ما يعرف بتكلفة الفرصة البديلة.

وتختلف تكاليف الطاقة المتجددة وفقاً لمصدر الطاقة وتوفر الإمكانات والتكنولوجيا المستخدمة. وفيما يلي سيتم التركيز على تحليل التكاليف المحاسبية (تكاليف الإنتاج) لكل نشاطٍ على حدة، ثم دراسة التكلفة الاقتصادية للطاقة المتجددة بشكل عام، ومحاولة دمج الجوانب البيئية والاجتماعية عند مقارنتها بالبدائل المتاحة لتحديد جدوى استخدام الطاقة المتجددة.

1-2-1 التكاليف المحاسبية لاستخدامات (أنشطة) الطاقة المتجددة:

تنقسم التكاليف المحاسبية للطاقة المتجددة إلى ثلاثة أقسام. يتناول القسم الاول تكاليف إنتاج الكهرباء من بعض مصادر الطاقة المتجددة. ويركز القسم الثاني على تكاليف استخدام الوقود الحيوي في النقل والمواصلات. أما القسم الأخير فيهتم بدراسة تكلفة استخدام الطاقة المتجددة في قطاع الصناعة وقطاع التشييد والبناء.

أولاً: تكاليف إنتاج الكهرباء من (طاقتي الشمس والرياح والطاقة الكهرومائية)

تنحصر تكاليف مشروعات إنتاج الكهرباء من الطاقة المتجددة (طاقة الشمس وطاقة الرياح) في ثلاث فئات (Noord et al, 2004: 13-14) هي:

أ- التكاليف الاستثمارية، وتشمل التكاليف التي يتعين تحملها قبل أن يبدأ إنتاج الكهرباء من الطاقة المتجددة لأول مرة. وهي تتكون من: تكاليف التكنولوجيا الأساسية (مثل الألواح الشمسية أو توربينات الرياح وغيرها)، وتكاليف الحصول على الأرض وتجهيزها، وتكاليف التكنولوجيا الإضافية (مثل محولات الكهرباء والمولدات وغيرها)، وأخيراً تكاليف الاستشارات القانونية والمالية والإدارية. ولا تتضمن هذه التكاليف كل من: تكلفة الوقود، وتكاليف الإصلاح أو الترميم التي تبدأ بعد فترة من بداية المشروع.

ب- تكاليف التشغيل والصيانة، ويقصد بها متوسط التكلفة السنوية اللازمة لاستمرار تشغيل أو إنتاج الطاقة على مدار حياة المشروع. ويعبر عنها غالباً كنسبة مئوية من إجمالي تكاليف الاستثمار. وتشمل هذه التكاليف: تكلفة الصيانة الدورية، وتكاليف التأمين، وتكلفة الكهرباء التي يتم الحصول عليها من الشبكة، والاستشارات الضريبية والقانونية أثناء دورة الإنتاج، وتكلفة الجهاز الإداري للمشروع، وأخيراً تكلفة إيجار الأرض إذا تم تأجيرها، أما الشراء فيدخل في تكاليف الاستثمار.

ج- تكاليف وقف التشغيل، وهي التكاليف التي يتم تحملها عندما يتوقف مشروع الطاقة المتجددة عن التشغيل وحتى إعادة تشغيله مرة اخرى.

وتنقسم تكاليف الطاقة الكهرومائية، وهي الطاقة الأقدم والأكثر تطوراً، إلى فئتين:

أ- تكاليف الاستثمار، وهي تمثل المكون الأكبر من الناحية المحاسبية، حيث تتراوح ما بين (75-80%) من إجمالي تكاليف المشروع على مدار حياته. وتشتمل على تكاليف الأعمال المدنية، وتكلفة المعدات الميكانيكية والكهربائية. ويتوقف مقدار هذه التكاليف على: حجم المشروع، وموقعه من الشبكة المركزية، وطريقة التمويل، والتكنولوجيا المستخدمة.

ب- تكاليف التشغيل، وهي أقل بكثير من تكاليف الاستثمار، ذلك أنه ليس هناك حاجة لوقود باستثناء المياه طبعاً، وهي متاحة مجاناً.

ويلاحظ أنه كلما زاد حجم المشروع زادت نسبة تكاليف الاستثمار بسبب زيادة تكاليف الأعمال المدنية المرتبطة بالمشروع. وتكون النسبة الأكبر لتكاليف المعدات الميكانيكية والكهربائية إذا كان المشروع صغير الحجم (Pedraza, 2015: 110-111).

ويؤدي تنوع مصادر وتكنولوجيات الطاقة المتجددة إلى صعوبة الوصول لوحدة قياسٍ مشتركة للمقارنة بين تكاليف إنتاج الكهرباء من كل منها، وبين تكاليف استخدام الطاقة المتجددة والوقود الأحفوري. وقد استقر الأمر مؤخراً على ما يعرف بـ "التكلفة المُقَارَنَة لإنتاج الكهرباء Levelized cost of electricity (LCOE)" كوسيلة لقياس تكلفة إنتاج الكهرباء من الطاقة المتجددة وغيرها[3]. ويمكن تعريف هذه التكلفة بأنها سعر الطاقة الذي يعادل بين صافي القيمة الحالية للإيرادات وصافي القيمة الحالية لتكاليف الإنتاج. ويتم حسابها عن طريق قسمة صافي تكلفة تركيب نظام الطاقة المتجددة على الإنتاج المتوقع من هذه الطاقة. ويقاس الناتج بوحدات مثل دولار/ ك.و.س.

$$\mathbf{LCOE} = \frac{sum\ of\ costs\ life\ time}{sum\ of\ electrical\ energy\ produced}$$

$$= \frac{\sum_{t=1}^{n} \frac{I_t + M_t + F_t}{(1+r)}}{\sum_{t=1}^{n} \frac{E_t}{(1+r)^t}}$$

حيث أن:

t السنة

I_t النفقات الاستثمارية خلال العام

M_t عمليات ونفقات الصيانة سنوياً

F_t نفقات الوقود سنويا

E_t الطاقة الكهربائية المتولدة خلال العام

r سعر الخصم

n العمر المتوقع لمحطة التوليد

[3] لا توجد ترجمة محددة ومتفق عليها لمصطلح LCOE ، ولذلك استقر الباحث على استخدام لفظ التكلفة المُقارَنَة على اعتبار أن تكلفة LCOE وضعت كمنهجية أو أساس مشترك بغرض المقارنة بين تقنيات إنتاج الكهرباء من مصادر مختلفة.

ومع ذلك، توجد تحفظات كثيرة على استخدام التكلفة المقارنة بسبب كثرة الافتراضات واتساع دائرة التوقعات، حيث يتم توقع بعض المتغيرات الاقتصادية مثل: معدلات التضخم طوال فترة حياة المشروع، وبالتالي أسعار الفائدة الحقيقية، وكذلك فترة حياة المولد ومعدل تشغيله، وتكاليف المدخلات في المستقبل بما فيها الوقود. ويؤدي ذلك إلى اختلاف تقديرات التكلفة المقارنة من مكان لآخر لنفس التكنولوجيا المستخدمة. ويقل هذا التباين بشكل كبير في حالة محطات الفحم أو الغاز (Branker et al, 2011: 3). وليست المشكلة في اختلاف التكلفة المقارنة بين مصادر الطاقة المتجددة في حد ذاتها، لأن هذه الميزة هي الأبرز للطاقة المتجددة، حيث أن تعدد تكنولوجيات الاستخدام لنفس المصدر يتيح خيارات واسعة لكل الدول لاختيار ما يناسب إمكاناتها المادية والطبيعية. وإنما تكمن المشكلة في أسس تقدير التكلفة المقارنة وتفاوت النتائج نتيجة اتساع نطاق التوقع بشأن المتغيرات المراد تقديرها. وإذا وضعنا في الاعتبار نسبة من عدم التأكد أو احتمالية خطأ التقديرات قد يقع مشروع الطاقة المتجددة تحت طائلة هدر الموارد المالية الثمينة.

ويتهم البعض منهجية التكلفة المقارنة بأنها فكرة مجردة من الواقع، وتصلح فقط لاستخدامها كمرجعية أو آداة لترتيب تقنيات توليد الطاقة من حيث التكلفة. ويرجع ذلك إلى عدة أسباب منها أنها تتجاهل طبيعة بعض المتغيرات، مثل اختلاف وسائل التمويل وأثره على النفقات الاستثمارية، وتتجاهل أيضاً تأثير النظم الاقتصادية والمالية على أسعار الكهرباء وسياسات دعم الوقود الأحفوري، ولا تأخذ في الاعتبار اختلاف معامل القدرة وهو النسبة بين ما تم إنتاجه فعلياً وما كان يمكن إنتاجه في أفضل الظروف، بالإضافة إلى الانتقادات المعتادة من إمكانية التقدير الخاطئ لعمر المشروع وكثرة الافتراضات بشأن معدل التضخم ومعدلات التشغيل. لذلك، وجب القيام ببعض التحسينات عن طريق وضع افتراضات أكثر واقعية تعبر عن تقلب واختلاف وسائل التمويل، والتغير التكنولوجي والجغرافي (Branker et al, 2011; 4).

وقد استطاعت هيئة الطاقة في أونتاريو بكندا (OPA) تلافي بعض هذه العيوب عن طريق اعتماد وحدة قياسٍ مختلفة قليلاً هي Levelized unit electricity cost (LUEC). ولهذه التكلفة أكثر من تعريف، من بينها أنها الثمن المطلوب لاستعادة جميع التكاليف على مدى فترة حياة المشروع. أو هي الثمن الذي يجعل صافي القيمة الحالية للتكاليف المستقبلية مساوياً للصفر. أو هي سعر الجملة الحقيقي المستمر للكهرباء الذي يراعي قيود التمويل المختلفة، وضريبة الدخل وغيرها. وقد تكون (LUEC) عبارة عن ثمن متصاعد يأخذ في الاعتبار معدلات التضخم على الأقل (Ayres et al, 2004: 1). ورغم ذلك، ما تزال تقديرات LCOE هي المعتمدة في تقارير أكبر المنظمات العالمية المختصة بالطاقة المتجددة (IRENA).

وقد يتطلب إنتاج الكهرباء من الطاقة المتجددة تحمل شركات التوزيع لما يُعرف بالتكلفة الإضافية Surcharge Costs (SC). وهي عبارة عن قسط إضافي تدفعه مرافق شراء الطاقة المتجددة حتى تكون تعريفة التغذية أعلى من سعر الكهرباء في السوق. ويتم ذلك في حالة عدم وجود موارد مالية كافية لرفع قيمة التعريفة. والغرض هو دفع مشروعات الطاقة المتجددة نحو زيادة الإنتاج والتوسع في السوق.

Feed in Tariffs = Electricity price + Surcharge Cost

ثانياً: تكاليف استخدام الطاقة المتجددة كوقود في قطاع النقل والمواصلات

لكى تتوافق استراتيجيات الطاقة مع التنمية المستدامة في أية دولة، لابد من ثلاثة تغييرات أساسية هي: رفع كفاءة استهلاك الطاقة من جانب الطلب، وتحسين كفاءة الإنتاج من جانب العرض، واستبدال الوقود الأحفوري بالطاقة المتجددة. وفي قطاع النقل، يعتبر الوقود الحيوي السائل هو البديل الأكثر فعالية وكفاءة للديزل والبنزين المشتقان من البترول. ولكن يعوق استخدامه ارتفاع التكاليف في غالبية الدول المنتجة له، بالإضافة إلى الجدل المثار حول مدى استدامته (Irena, 2013: 13), (Azad, 2015: 332) .

وعند استخدام الوقود الحيوي في قطاع النقل يظهر نوعان من التكاليف هما: تكاليف إنتاج الوقود الحيوي، وتكاليف التكيف مع استخدام الوقود الحيوي. وتنخفض تكاليف التكيف مع استخدام الوقود الحيوي في حالة مزجه بنسب قليلة مع البنزين والديزل. وترتفع في حالة الاعتماد عليه بنسب أعلى حيث يستلزم إحداث تغيير في عمل المحرك. أما تكاليف إنتاج الوقود الحيوي فتنقسم إلى: تكاليف يتحملها المنتج، وتكاليف خارجية.

أ- التكاليف التي يتحملها المنتج، وهي تنقسم إلى تكاليف رأسمالية وتكاليف تشغيلية. وتختلف أهمية كل منها حسب نوع الوقود الحيوي أو مصدره. فالوقود الحيوي التقليدي المتمثل في الإيثانول والديزل المستخرجان من (قصب السكر والذرة) ومن (الزيوت النباتية وفول الصويا) على الترتيب؛ تتوقف تكلفته بشكل أساسي على المواد الخام. والتي قد تصل نسبتها لما بين (60% - 80%) من تكلفة الإنتاج في حالة الإيثانول الحيوي وتصل إلى 90% في حالة الديزل الحيوي. أي أن الوزن الأكبر يكون للتكاليف التشغيلية في إنتاج الوقود الحيوي التقليدي. وتكون تكلفة الوقود الحيوي التقليدي حساسة جداً للتغيرات في أسعار المحاصيل الزراعية نظراً لأنها مصدر المواد الخام. وسوف تتقلب هذه التكلفة وفقاً لتغيرات طلب وعرض هذه المحاصيل في السوق العالمي.

ب- التكاليف الخارجية هي التي لا تنعكس على الأسعار الفعلية. وتتمثل في الآثار الخارجية السلبية مثل زيادة الضغط على الأراضي الزراعية، وارتفاع أسعار الغذاء. وما دام لا يتم تسعير التكاليف الخارجية فسوف يكون لها تأثير ضئيل على عملية صنع القرار الاقتصادي.

وتعتبر تكلفة المواد الخام دالة في الإنتاج الزراعي، ذلك الذي يتأثر بتكلفة الأسمدة، والتي تتوقف بالضرورة على أسعار الوقود الأحفوري لمصانع الأسمدة ذات الاستهلاك الكثيف من الطاقة. ومن هنا يأتي ارتباط الوقود الحيوي بالوقود الأحفوري. وفي حالة الاعتماد على نفايات الكتلة الحيوية ستكون تقديرات تكلفة المواد الخام في حدود (20% - 33%) من إجمالي التكاليف التشغيلية. وتصبح النسبة الباقية لتكاليف المعالجة. أما الوقود الحيوي المتقدم والمستمد من السليلوز فهو في طور البحث والتجربة[4]. والوزن الأكبر في إنتاجه لتكاليف رأس المال، التي تعادل ما بين (2 - 6) أمثال الوقود الحيوي التقليدي. لكن الأمر المميز أن تكلفة المادة الخام لهذا النوع تتراوح بين (30% - 45%). وبالتالي تكون حساسيته أقل للتغيرات في أسعارها(Reijnders and Huijbregts, 2009: 28-29).

[4] السليلوز هو المادة المكونة لخلايا النبات، وهي تتيح إنتاج الوقود الحيوي من سيقان النباتات وأجزائه غير المهمة.

ثالثاً: تكلفة التطبيقات المباشرة للطاقة المتجددة في قطاع الصناعة وفي قطاع التشييد والبناء

انتشرت مؤخراً تطبيقات الطاقة المتجددة في قطاعات الصناعة والتشييد والبناء. ومن بين هذه التطبيقات الطباخ الشمسي والمقطرات الشمسية وغيرها، ولكن يبقى أشهرها على الإطلاق وأوسعها انتشاراً في القطاعين سخانات المياه بالطاقة الشمسية Solar Water Heater(SWH). ويتكون السخان الشمسي من عدة مكونات بسيطة تتمثل في مجمع شمسي، وخزان المياه، والمضخة، ومبادل الحرارة (السائل الذي ينقل الحرارة). وتتوقف تكلفة السخان الشمسي على عدد من العوامل منها: سعر الوقود في السخان البديل (غاز أم كهرباء)، مستوى الإشعاع الشمسي، حجم استهلاك الماء الساخن، وأخيراً الحوافز المحلية. وترتفع تكلفة السخانات الشمسية إذا انخفض كل من سعر الغاز الطبيعي أو الكهرباء، وانخفض مستوى الإشعاع الشمسي. وكذلك إذا لم تكن هناك حوافز كافية (Amin and Mithila, 2017: 10-11).

وبالمقارنة مع السخانات التقليدية التي تعمل بالكهرباء أو الغاز الطبيعي تعتبر التكلفة الأولية للسخان الشمسي مرتفعة، كما أن فترة الاسترداد أطول. ويعتبر نظام الإعانات الحكومية فعالاً جداً في خفض التكلفة الرأسمالية الكبيرة وتقليل فترة الاسترداد. ويمكن الاعتماد على مواد محلية لتقليل التكلفة مع خفض الضرائب على صناعة السخانات الشمسية. وتصبح السخانات الشمسية مجدية أكثر عند حساب تكاليف التشغيل والصيانة. وبإضافة الآثار الخارجية للسخان الشمسي مثل تقليل الاعتماد على الوقود التقليدي، ومن ثم تقليل انبعاثات Co_2، وكذلك تقليل فواتير الكهرباء؛ يصبح السخان الشمسي منافساً كبيراً للسخانات التقليدية.

1-2-2 التكلفة الاقتصادية لاستخدام الطاقة المتجددة (تكلفة الفرصة البديلة):

يقصد بالتكلفة الاقتصادية مجموع ما تم التضحية به في سبيل اختيار بديل معين دون البدائل الأخرى. وتقاس بقيمة الفرصة الضائعة (البديلة أو المفقودة). وقد جرت العادة على استخدام مصطلح تكلفة الفرصة البديلة - الذي يمثل أعلى قيمة للفرصة الضائعة - نائباً عن التكلفة الاقتصادية. وتزداد أهمية دراسة تكلفة الفرصة البديلة في حالة: تقارب البدائل المتاحة أو ظهور بدائل جديدة وذات جدوى اقتصادية، ووجود ندرة في الموارد المالية، ووجود آثار خارجية (إيجابية أو سلبية).

وتؤدي ندرة الموارد المالية لدى كثير من الدول إلى تأخير الاعتماد على الطاقة المتجددة، خاصة أنه سيتم التخلي عن الطاقة الأحفورية الرخيصة. لكن الاعتماد شبه الكامل على الوقود الأحفوري أدى بالفعل إلى كثير من الآثار الخارجية السلبية مثل تلوث الهواء والأمطار الحمضية وغيرها بالإضافة إلى ظاهرة الاحتباس الحراري. ويطلق على الأعباء المالية المتعلقة بتلك الآثار السلبية مصطلح "التكاليف الخارجية".

ويلاحظ وجود انخفاض مستمر وبمعدلات ملحوظة في التكلفة المادية للطاقة المتجددة نتيجة التطور التكنولوجي. ومع ذلك فإن فرصتها في منافسة الوقود الأحفوري ما زالت ضعيفة. ويرجع ذلك إلى أن الوقود الأحفوري يحصل على دعم سعري في كثير من الدول، الأمر الذي يجعل أسعاره أقل من الأسعار الاقتصادية. ويعد هذا غريباً، إذ أن النظرية الاقتصادية تفرض تقديم الدعم للعنصر الذي يترتب عليه آثار خارجية إيجابية، بينما يترتب على استخدام الوقود الأحفوري آثار سلبية معروفة على البيئة والمجتمع. وإذا تم حساب التكلفة الخارجية ضمن تكاليف الطاقة ستكون الطاقة المتجددة منافساً قوياً للوقود الأحفوري، وقد تتفوق عليه إذا حظيت ببعض الدعم.

أولاً: التكاليف الخارجية للوقود الأحفوري

يتميز الوقود الأحفوري بامتلاكه محتوى عالٍ من الطاقة وسهولة نقله وتخزينه، وصلاحيته للاستعمالات المختلفة في المحركات والطائرات والسفن كوقود للنقل، وفي الصناعات المختلفة فضلاً عن استخدامه في إنتاج الكهرباء. وهناك عدة تقنيات تعتمد على الوقود الأحفوري في إنتاج الطاقة، أبرزها محطات التوليد التي تعمل بالفحم. وتختلف تكلفة هذه المحطات باختلاف موقع المحطة والمسافة بينها وبين المادة الخام لكنها في المجمل تكلفة منخفضة. أما التكلفة الخارجية لإنتاج الطاقة من الفحم فهي مرتفعة للغاية. ذلك لأن الفحم من أكثر المواد الملوثة للهواء، إضافةً إلى أن تصميم المحطات يكون غير كفء ولا يراعي الضوابط البيئية. وينبعث خلال تشغيل المحطة غازات ثاني أكسيد الكربون المسببة للاحتباس الحراري، وأكاسيد النيتروجين والكبريت المسببة للأمطار الحمضية. ولا يخفي تأثير هذا التلوث على الصحة العامة وتصحر الأراضي وصولاً إلى تغير المناخ. وغالباً ما تبنى هذه المحطات في الدول النامية لتجنب آثارها الخارجية. وهناك تكاليف الحوادث المحتملة مثل انهيار مناجم الفحم أو منصات النفط. ويذهب عدد غير قليل من العمال ضحايا لهذه الحوادث.

وتعتمد على الوقود الأحفوري تقنية أخرى أعلى كفاءة هي التوربينات الغازية ذات الدورة المشتركة Combined Cycle Gas Turbines (CCGT). هذه التقنية تعتمد على الغاز الطبيعي للحصول على الطاقة الحرارية اللازمة لتشغيل التوربينات. ويتم استعادة الحرارة لاستخدامها مرة أخرى في توليد البخار وتشغيل التوربينات. ويتميز الغاز الطبيعي بأنه غير ملوث للبيئة، وانبعاثات ثاني أكسيد الكبريت منه ضئيلة مقارنةً بالفحم. وفي حالة توفره يعتبر أفضل بديل للحصول على الكهرباء. ومع ذلك، لا يزال الغاز الطبيعي - وإن كانت احتياطياته العالمية كبيرة - وقوداً أحفورياً مآله يوماً ما إلى النضوب. كما أن استخداماته لا تقتصر على إنتاج الكهرباء، وإنما يستخدم في المنازل، وفي الصناعات كثيفة استهلاك الطاقة. وبناءً عليه، فهو بمثابة مورد نادر، يمثل استعماله بكثافة تكلفة اجتماعية كبيرة (Sims et al, 2003: 3).

ثانياً: التكاليف الخارجية للطاقة النووية

يؤدي استخدام الطاقة النووية ضمن مزيج الطاقة إلى مزيد من التنوع الفني وتنوع الوقود، ويخلق منافسة مع البدائل الأخرى. وبالتالي تزيد فعالية وكفاءة نظم الطاقة للمستهلكين. ويعد محتوى الطاقة الناتجة عالٍ جداً بل لا يقارن بالبدائل الأخرى لكل كيلوجرام من اليورانيوم. وتنتشر موارد اليورانيوم في مناطق مختلفة من العالم بدرجة توزيع أكبر من الوقود الأحفوري، واحتياطياته كبيرة. وليس لليورانيوم استخدامات سلمية أخرى غير إنتاج الطاقة. وتتميز المحطات النووية بالتكلفة الرأسمالية العالية، والتكلفة التشغيلية المنخفضة لتوليد الكهرباء. وتختلف نسبة تكلفة رأس المال في التكلفة الإجمالية لتوليد الكهرباء من محطة لأخرى، لكنها دائماً أعلى من نظيراتها الأحفورية. وفي حين تتأثر تكاليف محطات الوقود الأحفوري بأسعار الوقود لأنه عنصر أساسي في الإنتاج، يلاحظ أن ارتفاع أسعار اليورانيوم لا يؤثر كثيراً على توليد الكهرباء النووية.

وتحصل الطاقة النووية على دعم حكومي كبير في مجالات البحث والتطوير، والصادرات والورادات النووية. وتتحمل الحكومة المسئولية كاملة في حالة الحوادث الكبيرة مع التزامات واضحة لباقي الأطراف. ويمثل ذلك أعباءً إضافية على الموازنة الحكومية. ولهذا السبب، تمر الطاقة النووية بحالة من الجمود في

أوروبا الغربية وأمريكا الشمالية، وتنمو فقط في بعض الاقتصادات الناشئة وسريعة النمو في آسيا، وفي أجزاء من أوروبا الشرقية بسبب الحاجة إلى مزيد من الطاقة (حسن، 2004: 53).

ولا ينتُج عن دورة توليد الكهرباء النووية غازات ثاني أكسيد الكربون أو الجسيمات الملوثة للبيئة. ولا تتسبب في الأمطار الحامضية أو الضباب الدخاني في المدن، ولا تستنفد طبقة الأوزون. ورغم هذه المميزات لا تزال الطاقة النووية خياراً صعباً بسبب بعض التكاليف الإضافية. ومن بينها تكاليف الحماية من الإشعاع النووي، حيث يمكن احتواء أية كارثة بيئية وتعويض المتضررين إلا في حالة الحوادث النووية. ذلك أن إشعاعاتها تنتشر في التربة والهواء لمسافات بعيدة جداً، وتستمر لفترات زمنية طويلة. وهذه الإشعاعات تسبب أضراراً صحية جسيمة غير حالات الوفاة المباشرة. ويصطدم الخيار النووي دائماً بمعارضة مجتمعية كبيرة رغم التحسينات المستمرة في تكنولوجيا الأمان النووي والتخلص من النفايات. وغالباً ما تقام المحطات النووية في مناطق نائية مما يضيف تكاليف أخرى لنقل الكهرباء. وتحتاج الطاقة النووية إلى نفقات تعليمية وإعلامية كبيرة. وهناك تكاليف الصحة المهنية، والتي رغم ارتفاعها فهي تنخفض باستمرار مع التحسينات في إجراءات التشغيل والتصميمات الأكثر كفاءة. وتوجد تكاليف إنشاء منظمات التأهب لحالات الطوارئ أو نظم خاصة للمسئولية النووية. وتشكل إمكانية إنتاج الأسلحة النووية تحت غطاء إنتاج الطاقة تكلفة كبيرة جداً تتحملها الدول في شكل اتفاقيات لحظر الاستخدام غير السلمي، وقد يصل الأمر إلى استخدام الحلول العسكرية (NEA, 2000: 29- 38).

ثالثاً: التكاليف الخارجية للطاقة المتجددة

من ناحية الكم، تتجاوز الإمكانات النظرية للطاقة المتجددة الطلب العالمي الحالي والمتوقع على الطاقة بعدة مرات. ومن ناحية النوعية، تتميز الطاقة المتجددة باللامركزية، وتعدد مصادر الحصول عليها وانتشارها عالمياً، وانخفاض تكاليفها التشغيلية لعدم حاجتها إلى الوقود الذي يتوفر بشكل مجانى في الطبيعة. ولا تصدُر عن أنواع الطاقة المتجددة انبعاثات ملوثة للبيئة فيما عدا الوقود الحيوي. وكذلك، لا توجد مشكلة من حيث المكان، فيمكن الاستفادة من الخلايا الكهروضوئية فوق الأسطح أو في المناطق الصحراوية حيث السطوع الشمسي والأرض غير المستغلة. ومع هذا، توجد بعض الآثار السلبية من بينها خلق طلب إضافي على المياه للصيانة والتنظيف أو التبريد في بعض التقنيات الشمسية. وتسبب طاقة الرياح وطاقة حرارة باطن الأرض بعض التأثيرات البصرية السلبية، وتُصْدر توربينات الرياح تحديداً أثناء دورانها ضوضاءً للمناطق القريبة. وتتسبب المحطات الكهرومائية الكبيرة في تهجير أعداد غير قليلة من السكان وإعادة توطينهم وتكاليف تعويضاتهم. أما بناء المحطة على نهر جار فلن يغير كثيراً في النظام الإحيائى بالنهر على عكس بناء السدود والخزانات.

ويأتي الاعتقاد السائد بأن الوقود الحيوي صديق قوى للبيئة من كون الغازات المنبعثة منه في محركات السيارات أقل بكثير مما ينبعث من احتراق البنزين والديزل النفطيين. بيد أن دورة إنتاج الوقود الحيوي هي التي تجعل تكلفتة الخارجية كبيرة. ذلك أن التوسع في زراعة محاصيل الطاقة يزيد من استخدام المبيدات الملوثة للبيئة والأسمدة، ويتسبب في إزالة مساحات كبيرة من الغابات التي تمتص غاز ثاني أكسيد الكربون. ويذكر أن قدرة الغابات على امتصاص غاز ثاني أكسيد الكربون أكبر بكثير من المحاصيل الزراعية. ويترتب أيضاً على التوسع في زراعة محاصيل الطاقة تحويل الحقول الزراعية المنتجة للمحاصيل الغذائية

إلى محطات لإنتاج الطاقة. وقد أمكن التغلب على هذه العقبات بالتركيز على إنتاج الوقود الحيوي من مخلفات الأرز والخشب ونباتات غير ذات قيمة غذائية. وتجدر الإشارة إلى أن زراعة محاصيل الطاقة في الأماكن النائية غير المزروعة يؤدي إلى خلق تنوع بيولوجي جديد. وفي كل الأحوال تزداد الحاجة لمزيد من المياه.

وسوف تتغير أسعار السوق بدمج التكاليف الخارجية للبدائل الثلاثة في تكاليف إنتاج الطاقة. ومن المتوقع أن ترتفع أسعار الوقود الأحفوري في حين تكتسب الطاقة المتجددة ميزة نسبية وتنخفض تكلفة الفرصة البديلة لها. وبناءً عليه، تزداد وتيرة التحول نحو الطاقة المتجددة لأن أسعار السوق هي بمثابة مؤشر للمستهلكين والمنتجين. وسيمثل هذا الدمج للتكاليف الخارجية عقاباً للتكنولوجيات التي تبعث غازات الدفيئة. ولن يخلق فقط حوافز للتقنيات الجديدة، بل سيشجع اعتماد تدابير كفاءة الطاقة مع التقنيات الحالية.

وقد يتم دمج التكلفة الخارجية لبدائل الطاقة من خلال فرض ضريبة الكربون، ولكن توجد ملاحظتان هما: أن اتباع الأسلوب الضريبي بدون رقابة على الأسعار لن يؤتي ثماره، وسينتقل عبء الضريبة إلى المستهلك. ولن يفيد هذا في التحول نحو بديل آخر مثل الطاقة المتجددة إلا إذا خُصصت إيرادات الضريبة لذلك. والملاحظة الثانية، أن فرض ضريبة الكربون في وجود الخيار النووي لن يُجدي. ذلك أن محطات الطاقة النووية لا تُصدر غاز ثاني أكسيد الكربون من الأساس، وبالتالي لن تكون هناك إيرادات ضريبية منها. وهناك نهج آخر مقترح، هو توفير ائتمان بيئي للتكنولوجيات النظيفة. ويفيد هذا الائتمان في دعم مشروعات الطاقة المتجددة التي هي بحاجة إلى دعم مالي، وليس فرض ضريبة على الكربون فقط. وهذا الائتمان البيئي وإن كان لا يساعد في استيعاب التكاليف الخارجية إلا أنه يدفع الطاقة المتجددة للأمام، ومن ثم فإن دعم الطاقة المتجددة لا يتحمله مستهلكوا الكهرباء وإنما دافعوا الضرائب (Owen, 2006: 7).

وتتميز الطاقة المتجددة ببعد اقتصادي سياسي هو: تأمين إمدادات الطاقة دون التعرض لهيمنة وتحكم الدول الأخرى عند استيراد الوقود الأحفوري أو اليورانيوم. وسيظل هناك قلق كبير بشأن الطاقة النووية بسبب استخداماتها غير السلمية، وآثارها البيئية إن حدثت حادثة قوية، والمعارضة المجتمعية الكبيرة. ولكي تصبح الطاقة النووية منافساً أقوى ينبغي التغلب على عقبات المعارضة المجتمعية، ثم السعي لتصميم مفاعلات جديدة متطورة ومبتكرة لتنافس على أساس التكلفة الكلية بدون التخلي عن معايير السلامة (NEA, 2000: 30). ويُعتقد أنه مهما انخفضت تكلفة الطاقة النووية ستظل خياراً خطراً لأن أكبر تكلفة يمكن أن تقف في وجه مصدر من مصادر الطاقة هو عدم وجود قبول مجتمعي على عكس الطاقة المتجددة. ويوضح الجدول التالي مقارنة تتضمن مزيج من الجوانب الاجتماعية والبيئية والاقتصادية لإنتاج الطاقة من البدائل الثلاثة.

جدول رقم (1-2) مقارنة مبسطة بين بدائل إنتاج الطاقة

أوجه المقارنة	الوقود الأحفوري	الترتيب	الطاقة النووية	الترتيب	الطاقة المتجددة	الترتيب
انبعاثات غازات الدفيئة	مرتفعة للغاية	**3**	منخفضة للغاية	**1**	منخفضة كثيراً	**2**
القبول المجتمعي	يوجد	**2**	لا يوجد	**3**	يوجد	**1**
أمن الطاقة	منخفض	**3**	مرتفع	**2**	مرتفع	**1**
مخاطر بشرية	كبيرة	**2**	مرتفعة للغاية	**3**	قليلة جدا	**1**
البنية التحتية	موجودة	**1**	غير موجودة	**2**	غير موجودة	**3**
توافر وانتشار المادة الخام	محدود	**3**	محدود	**2**	متوافر ومجانى	**1**
كثافة الطاقة في الوقود	مرتفعة	**2**	مرتفعة للغاية	**1**	متوسطة	**3**

المصدر: إعداد الباحث.

يلاحظ من المقارنة السابقة أن الطاقة المتجددة تتمتع بمزايا تفوق بدائلها على مستوى القبول المجتمعي وأمن الطاقة ومدى المخاطر التي تهدد حياة البشر وتوافر المادة الخام. في حين تتفوق الطاقة النووية على مستوى الإنبعاثات وكثافة الطاقة في وحدة الحجم. ويتميز الوقود الأحفوري في وجود البنية التحتية وسهولة النقل والاستخدام. وفيما يتعلق بأمن الطاقة، يمنح كل من الطاقة المتجددة والطاقة النووية استقلالية تامة في الحصول على إمدادات الطاقة عكس الوقود الأحفوري. ويزداد تميز الطاقة المتجددة في عدم تركز محطات إنتاجها في مكان واحد، الأمر الذي يصعب عملية استهدافها من جهة خارجية أو انقطاع الطاقة مركزياً عن منطقة واسعة مثلما قد يحدث في حالة المحطة النووية. وتتميز مجموعة الوقود الأحفوري بسهولة النقل والاستخدام وامتلاك كثافة عالية من الطاقة لكل وحدة حجم، وإن كان لا يقارن بالطاقة النووية. أما الطاقة المتجددة وتحديداً الطاقة الشمسية وطاقة الرياح فيعيبها أنها متقطعة، فإما أن تستخدم مباشرة أو تخزن في بطاريات، وهذه تمثل تكاليف إضافية.

المبحث الثالث

سيـــاســـات استخدام الطـــاقـة المـتـجـددة

لا تقتصر تكلفة الطاقة المتجددة على التكلفة المادية فقط، وإنما تتسبب المخاطر التكنولوجية والتنظيمية وغيرها في وجود تكاليف إضافية. وكلما زادت مخاطر المشروع، زادت احتمالية الفشل. لذا، لابد من وضع استراتيجية واضحة وسياسات مبتكرة لتقليل هذه المخاطر (Muller et al, 2011: 31). وتوضع هذه السياسات بناءً على مقارنة شاملة لتكاليف الأنواع المختلفة من الطاقة المتجددة لتحديد مدى قدرة كل منها على منافسة البدائل الأكثر استقراراً. وبناءً عليه، يتم تحديد طبيعة ومقدار الدعم الذي يحتاج إليه كل نوع منها. كما أن هذه السياسات ستؤثر أو ستحدد بشكل كبير القرارات التمويلية فيما بعد. ويعتقد 93,5% من الممولين أن سياسة الطاقة المتجددة المهيمنة في البلدان المختلفة تؤثر على طريقة وحجم تمويلهم لمشروع الطاقة المتجددة. ويطمئن 51% من الممولين لوجود تعريفة التغذية، ويفضل 24,5% فقط منهم نظام المناقصات (Oji et al, 2016: 117).

وتقوم استراتيجية نشر الطاقة المتجددة على ثلاثة محاور رئيسة هي:
المحور الأول : التزام الدولة بتحقيق أهداف الطاقة المتجددة
المحور الثاني : السياسات الداعمة لاستخدام الطاقة المتجددة
المحور الثالث : دعم الوقود الأحفوري

1- التزام الدولة بتحقيق أهداف الطاقة المتجددة:

ويقصد بذلك إظهار التزام سياسي واضح بتنفيذ استراتيجية الطاقة المتجددة. حيث يتم تبني سياسات الطاقة المتجددة على أعلى مستوى سياسي في وثائق رسمية ملزمة قانوناً للحكومات المتعاقبة. والهدف تعزيز ثقة المستثمرين وتجنيبهم مخاطر إضافية تصعب الوصول إلى التمويل. ويقاس هذا الالتزام بالمؤشرات التالية:

أ- الأهداف التي حددتها الدولة للتحول نحو الطاقة المتجددة
ب- حصة الطاقة المتجددة في إجمالي إنتاج الطاقة
ج- حصة الطاقة المتجددة في إنتاج الكهرباء
د- عدد مشروعات الطاقة المتجددة قيد الإنشاء

2- السياسات الداعمة لاستخدام الطاقة المتجددة:

وصلت بعض تقنيات الطاقة المتجددة إلى مرحلة النضج، في حين لا يزال البعض الآخر في مرحلة مبكرة، وتحتاج إلى وقت كاف للنضج. ولذلك، لا يقتصر الأمر على اختيار السياسة المناسبة من بين عدد من السياسات الناجحة فحسب. وإنما التنوع المطلوب في السياسات والتحول السلس من سياسة لأخرى وفقاً لمرحلة النمو التي وصلت إليها التكنولوجيا. وكذلك تحديد المزيج المطلوب وفقاً لنوع النشاط (إنتاج الكهرباء/ النقل/ تطبيقات أخرى). وتوضع السياسات في ضوء ما يعرف بنظرية انتشار السوق (Market Diffusion Theory). وهي نظرية تستخدم لفهم انتشار تكنولوجيات الطاقة أو ديناميات نضج أسواق

الطاقة حتى يصل السوق إلى إمكاناته القصوى. وتفترض النظرية أن السوق ينمو ببطء في البداية، ثم يزداد معدل النمو حتى يصل إلى الذروة، وبعد ذلك يبدأ في التباطؤ مرة أخرى حتى يتشبع في نهاية المطاف. وبناءً عليه، تمر تكنولوجيا الطاقة المتجددة في السوق بثلاثة مراحل هي: مرحلة الإنشاء (Inception Phase)، ومرحلة الانطلاق (Take Off)، ومرحلة الاندماج (Consolidation).

ويتم نشر النماذج الأولية للتكنولوجيا الجديدة في مرحلة الإنشاء ويزداد معدل نمو السوق وتنتشر التكنولوجيا على نطاق واسع في مرحلة الإنطلاق. ويصل انتشار التكنولوجيا إلى أقصى حدٍ في مرحلة الاندماج (Muller et al, 2011: 48). وبناءً عليه، يمكن تقسيم سياسات الطاقة المتجددة إلى ثلاث مجموعات متكاملة ومتتابعة هي: سياسات تهدف إلى إيجاد سوق للطاقة المتجددة، وسياسات لزيادة إنتاج الطاقة المتجددة، وأخيرا سياسات لدمج وتمكين الطاقة المتجددة. ويذكر أن هذا التقسيم هو مجرد تقسيم نظري أو هو محاولة لتنسيق سياسات الطاقة المتجددة. وتظل ظروف السوق المحلية هي المحدد الأساسي.

2-1 سياسات تهدف إلى إيجاد أو تطوير سوق للطاقة المتجددة:

وتشتمل على مجموعة واسعة من السياسات التي تعتبر ضرورية لانتشار الطاقة المتجددة حتى تصل إلى النضج، ويعد أبرزها **سياسات البحث والتطوير**. ويهدف البحث والتطوير إلى إزالة أعباء استيراد المعرفة والأجهزة اللازمة عن الدول الأقل نمواً، أو تخفيفها بتكييف التكنولوجيا لتلبية الاحتياجات المحلية. ويعتبر تخصيص نسبة من الناتج المحلي لأغراض البحث والتطوير هو أكثر أدوات هذه السياسة فعالية. وتستهدف سياسة البحث والتطوير مراحل زمنية مختلفة تمر بها تكنولوجيات الطاقة المتجددة (ISPRE, 2009: VI)، وذلك كما يلي:

- في الأجل القصير، يكون البحث والتطوير بغرض تحسين التكنولوجيات الأكثر تطوراً مثل طاقة الرياح والطاقة الكهروضوئية، وابتكار تكنولوجيات للاستفادة من المصادر الأخرى غير المستغلة. وقد تقوم الصناعة بدور كبير مع التكنولوجيات الأكثر تطوراً. لكن لابد أن تتولى التكنولوجيات الجديدة مؤسسات البحث الممولة من قبل الدولة مثل الجامعات والمختبرات ومراكز الأبحاث .
- في الأجل المتوسط، يكون الهدف أن تنافس الطاقة المتجددة بدائلها الأخرى بدون دعم.
- في الأجل الطويل، يكون البحث والتطوير بغرض دمج تكنولوجيات الطاقة المتجددة في السوق. ويقع عبء الاستثمار في الأجل المتوسط والطويل على الصناعة نفسها.

وتعتبر سياسة **المشاركة المجتمعية** عاملاً أساسياً للنجاح في مرحلة إنشاء سوق الطاقة المتجددة. وتُحدث المشاركة المجتمعية فارقاً بتشجيع المستهلكين في القطاع السكني أو التجاري على إنتاج الكهرباء الخاصة بهم. ويساعد ذلك في نقل المجتمعات من السلبية إلى المساهمة الإيجابية، ويسهم في إرساء أساس صناعي لقطاع الطاقة المتجددة يقوم على استثمارات محلية. ويتم تبني التكنولوجيا حتى الوصول لمراحلها النهائية. ومن أبرز العوامل المؤثرة في مسألة المشاركة المجتمعية هو قبول المجتمع لمسألة التوسع في الطاقة المتجددة. ويتوقف القبول المجتمعي على حجم الاستثمار في التعليم بكل مراحله والاستثمار في المعرفة وإتاحة المعلومات إعلامياً والتواصل الشفاف مع المواطنين. وتساعد هذه الاستثمارات المواطنين على تقبل التغيرات الجديدة مثل تغير المناظر الطبيعية وضوضاء توربينات الرياح، وربما المشاركة في تحمل تكاليف الكهرباء المتجددة بدفع التكاليف الإضافية المرتبطة بتعريفة التغذية (Bertsch et al, 2016: 29-30).

2-2 سياسات لزيادة إنتاج الطاقة المتجددة:

يمكن للتكنولوجيا المتطورة في البحث والتنقيب مع تكثيف الاستثمار في كفاءة الطاقة أن تطيل عمر الوقود الأحفوري وتقلل مخاطر نضوبه. لكنها لا تساعد في تقليل آثاره الضارة على البيئة والمجتمع. ولن يحدث ذلك إلا عن طريق استبدال سريع لهذا الوقود بالطاقة النظيفة. والتحول السريع نحو الطاقة المتجددة يحتاج إلى سياسات رئيسة وأخرى مكملة.

أولاً: السياسات الرئيسة

وهي السياسات التي تستهدف موردي أو منتجي الطاقة المتجددة. ومن أشهر هذه السياسات وأكثرها استخداماً **تعريفة التغذية**، ويقصد بها الحد الأدنى والمضمون للسعر الذي يدفعه مرفقُ الكهرباء عن كل كيلووات يغذيه بها منتجٌ مستقلٌ للطاقة المتجددة. وهذه التعريفة تضمن لمنتجي الطاقة المتجددة عقوداً لتوريد الكهرباء على المدى الطويل لفترات تصل إلى 15 أو 20 سنة. وقد يتم تثبيت تعريفة التغذية عند مستوى يدعم استمرار الإنتاج ويحفز الاستثمار في قدرات جديدة. وقد تكون قيمة التعريفة متناقصة كلما تحسنت اقتصاديات الطاقة المتجددة أو على حسب ظروف السوق. ويمكن أن تكون تعريفة التغذية موحدة لكل تكنولوجيات الطاقة المتجددة، أو متباينة - وهو الغالب - وفقاً لمصدر الطاقة ونوع وتكلفة التكنولوجيا المستخدمة. ومن المهم عند وضع تعريفة التغذية أن يتم ضمان أولوية الوصول إلى الشبكة، واتفاقيات مستقرة طويلة الأجل، وحساب السعر على أساس تكلفة الإنتاج. وبالتالي تصبح تعريفة التغذية أيضاً بمثابة دعم للفرق بين تكلفة الإنتاج وسعر البيع النهائي (Abolhosseini and Heshmati, 2014: 3).

ويعتبرنظام **الحصص الملزمة Renewable Portfolio standard/ Quotas (RPS)** من بين السياسات المنتشرة. ويتم تنفيذ هذا النظام عند إعادة هيكلة قطاع الكهرباء الحكومي أو الخاص بغرض رفع نسبة الاعتماد على الطاقة المتجددة. وتشترط هذه السياسة على منتجي الكهرباء أو مستهلكيها إضافة حد أدنى من الطاقة المتجددة إلى محفظة الكهرباء الخاصة بهم . وعادةً ما تكون نسبة مئوية تزيد تدريجياً حسب الهدف المحدد. ويعاقب قانوناً من يخالف هذه النسبة (الخياط ومحمود، 2009: 40). وتم دعم هذه السياسة فيما بعد بنظام **الشهادات الخضراء Tradable Green Certificates (TGC)**، وهي شهادات يتم إصدارها بغية تتبع وتسجيل الزيادة في إنتاج الطاقة المتجددة. ويحصل منتج الكهرباء المتجددة على هذه الشهادة إذا استوفي حصته. وإذا لم يستطع تحقيق النسبة المطلوبة ينبغي أن يشتري شهادة ليستوفي حصته الملزم بإنتاجها. وإذا تخطى النسبة المطلوبة يمكن له بيع الشهادة الإضافية في السوق لمنتج آخر لم يحقق النسبة المطلوبة.

ويلاحظ أن تعريفة التغذية تُستخدم لشراء كل ما تم إنتاجه من الطاقة المتجددة بسعر مناسب. وبالتالي لا تكفل المنافسة، وإن كانت تساعد في تحسين اقتصاديات المشروعات. بينما تُترك مسألة تحديد السعر في نظام الحصص للعرض والطلب بهدف زيادة المنافسة والوصول لأسعار منخفضة للطاقة المتجددة مستقبلاً. كذلك، لا تنخفض المخاطر الكلية في حالة تعريفة التغذية، بل تنتقل من المستثمرين إلى من يدفع التعريفة سواءً كانت الدولة أم المواطنين، لكنها تنخفض فعلياً في حالة نظام الحصص (Schmalensee, 2011: 10).

أما سياسة **المناقصات التنافسية** (Tendering) فهي عبارة عن عمليات تحددها الحكومة بمتطلبات معينة، وتخصص لها حيزاً من الموارد الطبيعية مع بعض المزايا الأخرى بغرض دفع القطاع الخاص للمشاركة في إنتاج الطاقة المتجددة[5]. ويفوز بالمناقصة من يقدم أقل تكلفة لإنتاج الكمية المحددة من قبل الحكومة، ثم تُوقع معه اتفاقية لشراء الطاقة. وتتميز المناقصات التنافسية بتحقيق أقل التكاليف وزيادة المنافسة السعرية. ويعيبها أنها تأخذ وقتاً طويلاً وتتسم بالبيروقراطية وربما يشوبها فساد إداري. ولذلك تُفضل عنها سياسة **العروض المباشرة** (Direct Tendering)، وهي تشبه المناقصة من حيث آلية التنفيذ وتختلف عنها في أن هذه العملية تكون سريعة ومباشرة بشكل كبير. ويعتمد قبول العروض المباشرة على السعر المعروض للكهرباء المتجددة. وقد يكون هو نفسه سعر الكهرباء في السوق إذا كانت جاذبة بشكلٍ كافٍ، أو تعريفة مميزة للطاقة المتجددة. ويميز العروض المباشرة أن المستثمر المحتمل - مقدم العرض - هو الذي يقوم بتحديد الموقع المناسب ونوعية الموارد والقدرات المحتملة والجدول الزمني، بينما تقوم الحكومة بذلك في حالة المناقصات التنافسية (سامبورسكى وآخرون، 2013: 39).

ثانياً: السياسات المكملة

ومن أبرز هذه السياسات:

أ- تخفيض أو إزالة ضريبة القيمة المضافة على كل منتجات الطاقة المتجددة

ب- خفض الرسوم على واردات الطاقة المتجددة

ج- تقديم حافز ضريبي على الإنتاج. حيث يُمنح منتجوا الكهرباء المتجددة فوائد ضريبية علي إنتاجهم، تمثل نسبة من سعر الكيلووات الذي تم إنتاجه. وتخصم هذه الفوائد من الضرائب المستحقة الأخرى. وكلما زاد حجم الإنتاج انخفضت الضرائب بنسبة معينة من كل كيلووات. وتمثل هذه الحوافز مكملاً فعالاً لسياسة الحصص الملزمة (الخياط و محمود، 2009: 38).

ه- فرض ضرائب على الوقود الأحفوري

و- شراء الحكومة لأنظمة ومعدات الطاقة المتجددة ثم منحها أو بيعها للقطاع الخاص بأسعار مناسبة. ورغم فعالية هذه السياسة لدعم الاستثمار في الطاقة المتجددة، إلا أنها تمثل عبئاً إضافياً على الدول ذات العجز في الموارد المالية.

2-3 سياسات دمج وتمكين الطاقة المتجددة:

ويحدث هذا التمكين عن طريق تطوير قدرات بحثية وتكنولوجية محلية تدفع نحو تصنيع محلي لبعض مكونات الطاقة المتجددة، أو عن طريق نقل وتوطين وتطوير التكنولوجيا المستوردة أو المزج بين التوطين والتصنيع.

[5] تتمثل أهم هذه المزايا في توقيع اتفاقية شراء بتعريفة مميزة مع المشروع الفائز. وأما المتطلبات فتكون قدرات محددة وفترة زمنية أو جدول زمني محدد للإنتاج.

أولاً: سياسة التصنيع المحلي لمكونات الطاقة المتجددة

يواجه التصنيع المحلي لمعدات الطاقة المتجددة تحديات عديدة. من بين هذه التحديات: الدعم الحكومي للوقود الأحفوري، وقلة الوعي بقضايا الطاقة، وضعف المخصصات المالية للبحث العلمي، وعدم القدرة على منافسة المنتجات الأجنبية. لذلك يعتبر كل من السياسة الضريبية والبحث العلمي ونسبة المكون المحلي من الأدوات البارزة لهذه السياسة. ولإحداث دمج وتمكين حقيقيين للطاقة المتجددة لابد من القيام بالإجراءات التالية (راشد، 2011: 8-19):

أ- تحديد مصادر الطاقة المتجددة ذات الفرص الأفضل والأنسب لتنميتها بشكل مستدام
ب- تحليل موقف القدرات التصنيعية ذات الصلة لتحديد مدى إمكانية إنشاء صناعة محلية لبعض المكونات تدريجياً، واستخدام الحوافز الضريبية
ج- زيادة مخصصات البحث والتطوير المحلي لتكنولوجيات الطاقة المتجددة
د- ربط البحث العلمي والتطوير بالصناعة المحلية مباشرةً
ه- متابعة التقدم التكنولوجي والتصنيع العالمي لهذه المكونات
و- منح الأفضلية للاستثمارات الأجنبية ذات النسبة الأكبر في المكون المحلي لتحفيز السوق

ثانياً: سياسة نقل وتوطين التكنولوجيا

توجد علاقة مباشرة وقوية بين التطور التكنولوجي والنمو الاقتصادي. ويعتبر نقل التكنولوجيا من الدول الأكثر تقدماً إحدى وسائل دعم النمو، حيث يتم سد حاجة ضرورية قائمة يصعب توفيرها محلياً. ولابد من الانتقال من مجرد نقل التكنولوجيا إلى نقل وتوطين وتطوير للتكنولوجيا، وعدم إهمال الابتكار المحلي. ويجب أن يتم ذلك في إطار خطة تنموية شاملة، وبمراعاة الآتي (مركز الإنتاج الإعلامى، 2007: 89-95):

أ- نقل التكنولوجيا الملائمة اجتماعياً وبيئياً
ب- توفر مستوى معين من المعارف والقدرات الذاتية لاستيعاب التكنولوجيا المستوردة
ج- تطوير التكنولوجيا المستوردة والبناء عليها بما يخدم أهداف التنمية ويحقق أغراضها
د- مراجعة سياسات الاستثمار الأجنبي المباشر فيما يتعلق باحتفاظ الشركات العالمية بالجزء المعرفي الأهم في سلسلة القيمة للطاقة المتجددة

ومما يمكن إدخاله أيضاً في إطار دمج وتمكين تكنولوجيات الطاقة المتجددة: اشتراط نسبة معينة من المكون المحلي في مشروعات الطاقة المتجددة، وسياسة صافي القياس (Net Metering)، التي تهدف إلى تشجيع القطاع السكني والتجاري على الإنتاج الذاتي للكهرباء. ويُتاح للمشروع الذي ينتج الكهرباء الخاصة به توريد الفائض إلى الشبكة. وبعد ذلك، يُحاسَب على صافي استخدامه للطاقة وتخصم تدفقات الكهرباء الخارجة من الداخلة. ويقلل ذلك من فواتير الكهرباء. وتتميز هذه السياسة بنقل العبء من الحكومة إلى القطاع الخاص. وتتيح إنتاج الكهرباء عند نقطة الاستهلاك، وبالتالي تقلل تكاليف التوزيع والفاقد.

ورغم الإمكانات الكبيرة لاستخدام الطاقة المتجددة في قطاعات النقل والصناعة والبناء إلا أن هذه القطاعات لا تحظى باهتمام كاف من صناع القرار. ومن بين السياسات التي تستخدم في **قطاع النقل**: دعم إنتاج الوقود الحيوي عن طريق مزجه بالبنزين مثلاً بنسب محددة، وإلغاء دعم المواد الغذائية المستخدمة في

إنتاج الوقود الحيوي، ودعم إنتاج السيارات الهجينة، وتطوير السيارات الكهربائية حتى تخلق طلباً على الكهرباء المتجددة. وفي قطاعات **الصناعة والبناء** يكثر الطلب على التدفئة والتبريد. ولذلك تستخدم سياسات مثل: حظر استخدام النفط أو الغاز في تشغيل الغلايات في المباني الجديدة لتسخين المياه أو تدفئة المبنى، واستخدام الطاقة الشمسية عوضاً عنها. وكذلك تقديم حوافز ضريبية لمعدات التدفئة والتبريد بالطاقة الشمسية، وتقديم منح لأصحاب المنازل لتركيب السخانات الشمسية والمزارعين لتركيب توربينات الرياح وهكذا، واشتراط الطاقة المتجددة في المطاعم والفنادق الجديدة.

3- دعم الوقود الأحفوري وأثره على الطاقة المتجددة:

لا يزال كثير من الدول يقدم دعماً للوقود الأحفوري رغم آثاره البيئية السيئة. وذلك لأسباب تتعلق بحماية الفقراء وتخفيف حدة التضخم، وتعزيز التنمية الصناعية بدعم الغاز لمحطات الكهرباء ودعم الوقود للصناعات كثيفة استهلاك الطاقة، فضلاً عن اعتبارات سياسية واجتماعية أخرى.

وتَعتبر النظرية الاقتصادية أن كافة أشكال الدعم هي بمثابة تشويه متعمد لأسعار السوق، التي من المفترض أن تحددها قوى العرض والطلب والندرة النسبية لتحقيق الكفاءة الاقتصادية. ويُستثنى من ذلك أن يحقق الدعم عائداً اجتماعياً تقصده السياسة العامة للدولة كاستهداف الأمن الغذائي أو تخفيض تكلفة السلع للفئات المهمشة أو حماية صناعة ناشئة. وعليه، ما لم يكن الدعم يحقق عدالة اجتماعية أو يدعم الكفاءة الاقتصادية، فإن تكلفته غير مبررة (عيسى، 2015: 4).

ويترتب على دعم الطاقة مشكلات أكثر من التي يستهدف علاجها. إذ أصبح الدعم عبئاً كبيراً على الموازنة العامة، وترتب عليه انخفاض واضح لكفاءة استهلاك الطاقة في القطاع الصناعي. وانخفضت معدلات الاستثمار في الصناعات كثيفة العمالة للاستفادة من الطاقة الرخيصة، وكذلك استثمارات البنية التحتية لقطاع الطاقة نفسه، ومعها انخفض مستوى الخدمة المقدمة. ومن الناحية الاجتماعية، لم يقدم دعم الطاقة إعانة فعالة للفقراء لأن الطاقة المدعومة متاحة للجميع رغم فوارق الدخل وكميات الاستهلاك. وعلى المستوى البيئي، أدى الدعم لإفراط في استهلاك أنواع الوقود. ولا تقتصر آثار الإفراط في الاستهلاك على زيادة التلوث، والاختناقات المرورية، وتغير المناخ العالمي، وإنما يترك قدراً أقل من الموارد للمستقبل. وأخيراً يعوق دعم الوقود الأحفوري نمو استخدام الطاقة المتجددة.

ورغم ذلك فإن محاولة خفض دعم الطاقة أو إلغائه دون برامج اجتماعية تعويضية أو تدابير تخفيفية ستؤثر على الدخل الحقيقي. ويؤدي خفض دعم الطاقة إلى ارتفاع أسعارها وأسعار كل سلعة، تُستخدم الطاقة كمدخلات وسيطة في إنتاجها أو نقلها. وتكون المحصلة زيادة كبيرة في تكاليف المعيشة. ومن بين الخيارات المطروحة، استبدال نظام الدعم المشوه بآخر موجه جيداً لاستهداف الفئات منخفضة الدخل، حتى لا تعاقب تلك الفئات بسبب نظام دعم غير سليم. وفي إطار السعي نحو تنمية مستدامة للطاقة، تُعتبر الطاقة المتجددة هي الخيار الأمثل. ولكن استمرار دعم الوقود في صورته الحالية يزيد من صعوبة التحول نحو استخدام الطاقة المتجددة. ذلك أن دعم الوقود الأحفوري يمارس أثره على الطاقة المتجددة بعدة أشكال منها: أن استخدام إعانات الوقود الأحفوري تضعف القدرة التنافسية للطاقة المتجددة على مستوى التكلفة، وتفرض حواجز دخول أمام المستثمرين الجدد في السوق. وتقلل الإعانات أيضاً من الموارد المالية المتاحة للاستثمار

في الطاقة المتجددة. وأخيراً، فإن إهمال العوامل الخارجية البيئية والاجتماعية عند حساب تكلفة الوقود الأحفوري يجعل تكلفته أقل ويطيل فترة استخدامه (Bridle and Kitson, 2014: 5).

وتتعدد طرق التعامل مع دعم الطاقة. فيمكن إلغاء هذا الدعم مباشرةً وتحويله نحو الطاقة المتجددة مع بعض البرامج التعويضية، ولكن الطاقة المتجددة لا تحتاج إلى الدعم المالي فقط. وربما إذا تم تحويل الدعم بالكامل نحو الطاقة المتجددة، يتأثر القطاع الناشئ ويتوقف عن التطور معتمداً على استمرار الدعم المالي لفترة طويلة. وهناك طريقة أخرى لا تلغي دعم الطاقة بشكل مباشر، وإنما ترفع أسعارها تدريجياً بدمج الآثار الخارجية البيئية والاجتماعية في التكلفة أو فرض ضريبة الكربون على السعر النهائي. وبذلك، ترتفع أسعار الوقود الأحفوري حتى تعبر عن التكاليف الحقيقية التي يتكبدها المجتمع، ومن ثم تُنزع الميزة السعرية لهذا الوقود. ويُتوقع من وراء ذلك موجات تضخمية كبيرة (Timmons et al, 2014: 29).

في كل الأحوال لابد من التعامل مع مسألة دعم الطاقة بحذر. ويمكن في المرحلة الأولى القيام ببعض التدابير منها: تحديد الفئات والصناعات التي لا تستحق الدعم ونزعه منها لتوفير موارد مالية تخصص للطاقة المتجددة، وتطوير منظومة دعم الطاقة بحيث تكون أعلى كفاءة وتستهدف الفئات منخفضة الدخل. وكذلك تطوير منظومة النقل الجماعي والمواصلات لتقليل الاستهلاك. ويمكن استخدام جزء من وفورات الدعم في الإنفاق على البحث العلمي وتطوير تكنولوجيات الطاقة المتجددة، وعدم الإفراط في الدعم المالي. وأخيراً تشديد الرقابة على أسعار السلع والخدمات وخصوصاً منتجات المصانع كثيفة استهلاك الطاقة.

وفي المرحلة الثانية، تُفرض ضرائب على استخدام الوقود الأحفوري مع نمو استخدام الطاقة المتجددة وانخفاض تكاليفها، أو يتم تضمين الآثار الخارجية السلبية في التكلفة. وبعد ذلك، تضع الحكومة تشريعات حازمة لاستخدام الطاقة المتجددة في القطاعات ذات الاستهلاك الكثيف للطاقة. وفي المرحلتين، لابد من حملات توعية للمواطنين لكسب التأييد الشعبي على أن تشارك فيها منظمات المجتمع المدنى.

المبحث الرابع
تمـويـل استثمارات الطـاقـة الـمـتـجـددة

في الوقت الذي تُنتقى فيه سياسات قطاع الطاقة المتجددة بعناية، غالباً ما يتم تجاهل بعد التمويل. وتعتبر سياسات ومصادر تمويل الطاقة المتجددة بعداً أساسياً على نفس الدرجة من الأهمية مثل سياسات قطاع الطاقة المتجددة نفسه. وتستهدف هذه السياسات وصول التمويل لقطاع الطاقة المتجددة بشكل أكثر سلاسة ومرونة. ويعتبر توفير التمويل المناسب أحد أهم التحديات التي تواجه النشاط الاستثماري بشكلٍ عام. وقد يرجع ذلك إلى وجود نقص حقيقي في الموارد التمويلية (فجوة الموارد المحلية) أو قد يرجع إلى خصائص نوع معين من الاستثمار أو إلى الإثنين معاً. ويُرجح السبب الأول (فجوة الموارد) في الدول النامية، حيث تنخفض معدلات الادخار المحلي، ولا توجد وسائل كافية لتعبئة المدخرات. ويتفاوت حجم هذه الفجوة بين البلاد النامية تبعاً لتفاوت الظروف السائدة فيها مثل معدل النمو الاقتصادي وحجم الناتج وتوزيع الدخل، وحجم الأهداف الاستثمارية المطلوبة للوصول إلى معدل معين للنمو. وعندما تعجز هذه الدول عن توفير الموارد المالية الكافية للطلب الاستثماري، فإنها تلجأ مضطرة إلى التمويل الخارجي لسد فجوة الموارد.

ولا يخفي أنه توجد علاقة وثيقة بين حجم المدخرات المحلية ومستوى التمويل الخارجي. فكلما كان مستوى الادخار المحلي ضئيلاً بالقياس إلى الاستثمارات المطلوبة، كلما زادت الحاجة إلى التمويل الخارجي. والعكس صحيح. وبناءً عليه، تتم الاستعانة برأس المال الأجنبي بغرض سد العجز، وليس لمجرد الرغبة في التمويل الخارجي(زكى، 1978: 39). وينعكس هذا العجز على المؤسسات التمويلية فتلجأ إلى تحديد الائتمان. وتكون كمية الائتمان المتاحة هي المتغير الأساسي في اتخاذ قرار منح الائتمان حتى إذا كان المشروع ذي جدوى اقتصادياً. ومن هنا تنشأ صعوبة الحصول على التمويل.

ويختلف الأمر في غالبية الدول المتقدمة حيث ترتفع معدلات الادخار المحلي بفضل ارتفاع مستويات الدخول ووجود أسواق مالية متطورة. وبالتالي، لا مشكلة في الحصول على التمويل، إلى حدٍ كبير. ويتوقف الأمر على اقتناع المؤسسات التمويلية بجدوى المشروع اقتصادياً ومالياً. وفي هذه الحالة، تكون الموارد المالية متوفرة، لكن خصائص المشروع أو خصائص الاستثمار في نشاط معين تكون هي المتغير الأساسي. وقد تقف عائقاً أمام الوصول إلى التمويل المناسب. وهذا هو حال قطاع الطاقة المتجددة. ويعد الاستثمار في قطاع الطاقة سواءً الطاقة التقليدية أم المتجددة أحد أكثر الاستثمارات كثافة في رأس المال. ولذلك يحتاج إلى استثمارات أولية كبيرة، ويستغرق وقتاً طويلاً لاسترداد رأس المال. ويواجه القطاع الخاص تحديات كبيرة عند محاولة توفير التمويل لمثل هذه الاستثمارات. يرتبط بعض هذه التحديات بخصائص استثمارات الطاقة كما في حالة الطاقة المتجددة، ويرتبط بعضها الآخر بالمؤسسات التمويلية ذاتها. ولذلك تكون غالبية استثمارات قطاع الطاقة بتمويل حكومي.

وتنطبق هذه الظروف أيضاً على الاستثمار في الطاقة التقليدية بالرغم من التكنولوجيا المألوفة وسهولة تقييم المشروعات. ولكن في حالة الطاقة المتجددة تقل فرص حصول القطاع الخاص على التمويل بشكل أكبر، حيث مخاطر التكنولوجيا الجديدة وسياسة الطاقة المتجددة التي تؤرق المستثمرين. وعليه، فإن وجود التمويل الحكومي بجانب القطاع الخاص في استثمارات الطاقة المتجددة شرط ضروري، ولكن ينبغي تحديد

اتجاهات التمويل الحكومي لمساندة واستكمال دور القطاع الخاص دون أن يكون هناك مزاحمة. وهذه هي الرؤية التي ينبغي في إطارها الفصل بين دور التمويل الحكومي والتمويل الخاص في إنتاج الطاقة المتجددة.

1- التمويل الحكومي:

تستطيع الحكومات أن توفر التمويل لمشروعات الطاقة المتجددة بشكل مباشر وبشكل غير مباشر. ولا ينبغي أن يُفهم من هذا إمكانية الاعتماد على التمويل الحكومي كمصدر وحيد للتمويل، ولكن تقوم الحكومة بمشاركة القطاع الخاص أو تستكمل ما لا تصل إليه استثمارات القطاع الخاص. وفي ضوء ذلك، ينبغي أن تتولى الحكومة تمويل المشروعات كبيرة الحجم ذات الاستثمارات الرأسمالية الباهظة، وذات المخاطر التكنولوجية العالية. ومثال ذلك مشاريع طاقة الرياح البحرية، ومشاريع الطاقة الحرارية الأرضية الكبيرة، ومشاريع الكتلة الحيوية الضخمة التي تتأثر اقتصادياتها بشدة بأسعار المواد الخام. ويفضل التمويل الحكومي في هذه الحالات لسببين، الأول: تستطيع الحكومة الوصول إلى مصادر كافية للتمويل سواءً كانت محلية أم خارجية. والسبب الثاني: صعوبة وصول القطاع الخاص إلى التمويل بتكلفة منخفضة بسبب مخاطر التكنولوجيا. ويظهر الدور غير المباشر للدولة في أوقات الأزمات - حيث تندر فرص التمويل - وذلك بدعمها لمؤسسات التمويل المحلي بالإقراض المباشر أو سياسات التحفيز. وبشكلٍ عام، فإن مشاركة الحكومة للقطاع الخاص في استثمارات الطاقة المتجددة توفر مزايا عديدة، (Jager et al, 2011: 127) منها:

أ- خفض تكاليف رأس المال، والوصول إلى التمويل بشكل أسهل وأسرع.
ب- تعزيز ثقة مستثمري القطاع الخاص في قيام سوق حقيقي للطاقة المتجددة، لأن تمويل الحكومة لبعض المشروعات يعني ضمنياً دعمها المباشر وجديتها في تشجيع استخدام الطاقة المتجددة.
ج- وجود الدولة كشريك هو بمثابة ضمانة لسياسة مستقرة لاستخدام الطاقة المتجددة.
د- تحصل الحكومة على رؤية أفضل للتحديات التي تواجه سوق الطاقة المتجددة، مما يساعدها على تطوير سياساتها الداعمة بشكل استباقي.
ه- بمجرد انتهاء مرحلة التخطيط المشترك للمشروع، وتوفير جميع التصاريح وبدء التشغيل؛ يمكن للدولة أن تبيع أسهمها في المشروع أو تواصل مشاركتها أو تعيد تمويل الديون من قبل طرف ثالث. إذ تكون المخاطر التكنولوجية قد انخفضت بشكل كبير، وتصبح مهمة جذب التمويل أسهل نسبياً.

وقد تميل الحكومة إلى عدم المشاركة في التمويل المباشر لأسباب تتعلق بعجز الموازنة أو رفض شروط الاقتراض الخارجي. وبالتالي ينحصر دورها في تذليل العقبات أمام القطاع الخاص. وفي هذه الحالة، تشارك الحكومة بتمويل الاستثمار في البحث العلمي والتطوير واختبار التكنولوجيا حتى يتم تسويقها، وكذلك دعم وتطوير مشروعات الطاقة المتجددة الصغيرة، والاستثمار في البنية التحتية للطاقة المتجددة. وذلك في إطار أن الإنفاق العام لا يُوجه حيث يمكن استرداده فقط. فقد تشكل بعض النفقات غير القابلة للاسترداد في الأجل القصير استثمارات هامة جداً في الأجل الطويل.

2- التمويل الخاص:

يواجه القطاع الخاص تحديات كبيرة للحصول على التمويل. ويرجع ذلك لأسباب تتعلق بخصائص الاستثمار في الطاقة المتجددة من جهة، ولأسباب تتعلق بمؤسسات التمويل من جهة أخرى.

أولاً: خصائص استثمارات الطاقة المتجددة

تختلف استثمارات الطاقة المتجددة وفقاً للنشاط. فهناك استثمار في إنتاج الكهرباء، واستثمار لإنتاج وقود النقل (الوقود الحيوي)، وهناك استثمار في التطبيقات المباشرة مثل السخان الشمسي وغيرها. ورغم أن الاستثمار في إنتاج الكهرباء يحظى بالنصيب الأكبر، إلا أنها جميعاً تشترك في عدة خصائص مميزة منها (Rodríguez et al, 2014: 11):

أ- لا يوجد حد أقصى أو خوف من استنزاف الموارد الطبيعية نتيجة لاستخدام تكنولوجيات الطاقة المتجددة بالمقارنة مع النفط والغاز، وبالتالي فهي ذات استدامةٍ عالية.

ب- تتميز مشروعات الطاقة المتجددة مثل مشروعات الطاقة التقليدية بطول الأجل وكثافة وبطء دوران رأس المال على غرار استثمارات البنية التحتية. وغالباً، ما يتم استيراد معظم المعدات الرأسمالية. وقد تكون هناك فرص لتصنيع بعض المكونات محلياً.

ج- تحتاج مشروعات الطاقة المتجددة إلى استثمارات رأسمالية كبيرة، وكذلك عند تجديد المشروع وإعادة الاستثمار. وهي سمة أساسية في قطاع الطاقة. وتعمل هذه التكلفة الرأسمالية كحاجز أمام المستثمرين الجدد لدخول السوق.

د- تكاليف التشغيل تكاد تكون معدومة، نظراً لعدم الحاجة إلى وقود للتشغيل على عكس محطات الوقود الأحفوري، التي يتناسب حجم إنتاجها من الكهرباء طردياً مع كمية الوقود المتاحة وسعره الحالي. بينما تقتصر تكاليف التشغيل في استثمارات الطاقة المتجددة على الصيانة المستمرة، التي وإن كانت ضئيلة إلا أنها تعد عنصراً حاكماً في استمرار المشروع.

ه- يعيب استثمارات الطاقة المتجددة أنها عالية المخاطر. ويرجع ذلك إلى التكنولوجيا التي غالباً ما تكون في مراحل مبكرة. ورغم هذا، وصلت بعض التقنيات إلى مرحلة الاستخدام التجاري مثل الطاقة الشمسية الكهروضوئية وطاقة الرياح البرية.

و- تتأثر استثمارات الطاقة المتجددة بشدة عند تغير السياسات. ولابد من سياسة تعبر عن استراتيجية طويلة الأجل مثل تعريفة التغذية. ويزيد استقرار السياسة ثقة كلٍ من المستثمرين ومؤسسات التمويل.

ز- تتميز استثمارات الطاقة المتجددة بانخفاض التكلفة المتوسطة مع الزيادة في الإنتاج. ما يعني إمكانية الاستفادة من وفورات الحجم. وهي السمة الرئيسة في الاحتكارات الطبيعية. (Mansour et al, 2009: 6).

ثانياً: مؤسسات تمويل الطاقة المتجددة

يتوقف حجم الائتمان المتاح لمستثمري الطاقة المتجددة في مؤسسات التمويل كالبنوك على عدة عوامل منها:

أ- السياسة التي تتبعها البنوك في الإقراض طويل الأجل.
ب- قدرة البنوك وغيرها من مؤسسات التمويل على تقييم حجم المخاطر والفرص، وبالتالي دراسات الجدوى المقدمة لمشروعات الطاقة المتجددة. وتبالغ مؤسسات التمويل التقليدية في تقدير حجم المخاطر المرتبطة بمشروعات الطاقة المتجددة. ويرجع ذلك لنقص الخبرة على اعتبار أن القطاع حديث نسبياً ومخاطر التكنولوجيا الجديدة فيه مرتفعة.
ج- قدرة البنوك على توريق ديون المشروعات من خلال أسواق القروض الثانوية لغيرها من المقرضين على المدى الطويل مثل صناديق التقاعد ومؤسسات التأمين.
د- وجود الضمانات الكافية للحصول على التمويل. ولا تمتلك المشروعات الصغيرة القدرة على توفير الضمانات مثل المشروعات كبيرة الحجم.

وتعتمد المؤسسات المالية التقليدية على تصنيفات ائتمانية في الإقراض. ويفتقر العديد من المناطق المؤهلة لتنمية الطاقة المتجددة إلى سجلات لتقييم الجدارة الائتمانية والمخاطر. ويتم تحديد سعر الفائدة في المؤسسات التمويلية التقليدية على أساس حجم المخاطر المصاحبة للاستثمار. وبما أن مشروعات الطاقة المتجددة قد تنشأ في أماكن لا تصلها خدمات الطاقة أو في مناطق تفتقر إلى البنية التحتية؛ فإن المخاطر من وجهة نظر مؤسسات التمويل مرتفعة. وبناءً عليه، إذا تمت الموافقة على التمويل ستكون بشروط صعبة (Ottinger and Bowie, 2014: 6).

ويجد كثير من الدول صعوبة في جذب الاستثمار الأجنبي المباشر لعدة أسباب منها الظروف الاقتصادية غير المستقرة. وتكمن أهمية هذا الاستثمار في أنه غالباً ما يتم استيراد المعدات الرأسمالية لمشروعات الطاقة المتجددة، بالإضافة إلى أن مشاركة الشركات العالمية ذات الخبرة في مجال الطاقة المتجددة - وفقاً للبعض - تعتبر هامة جداً، خاصة في التقنيات الحديثة. ورغم منطقية هذا الرأي إلا أن هذه المشاركة تبقى أحد الطرق لبناء القدرات وليست الطريق الوحيد. ذلك أن الهدف ليس فقط زيادة الاستثمارات، وإنما أيضاً تطوير الصناعة المحلية. ولن يتأتى هذا إلا بشروط محددة وصارمة في التعامل مع الاستثمار الخارجي. وإذا لم تستطع الدولة جذب الاستثمار الأجنبي المباشر ستواجه مشكلات تدبير العملة الأجنبية اللازمة لاستيراد هذه المعدات. وقد يجد القطاع الخاص المحلي صعوبة شديدة في الاقتراض من المؤسسات المحلية بعملات أجنبية إذا كان هناك انخفاض في عرضها أو انتشار المضاربة. كما ستجد الدولة صعوبة في الاقتراض من المؤسسات الدولية بسبب تقلبات سعر الصرف.

معظم العوامل السابقة لا تصب في مصلحة الاستثمار في إنتاج الطاقة المتجددة. وبما أن مخاطر هذه الاستثمارات يَصعُب تغييرها في الأجل القصير وإن أمكن تخفيفها، فإنه يمكن العمل على تطوير وابتكار مصادر لتمويل مشروعات الطاقة المتجددة. وبناءً عليه، سيتم - من جهة - تحليل المخاطر التي تجعل تكلفة الحصول على التمويل مرتفعة بشكل أكثر تفصيلاً ووضع الحلول المناسبة لتخفيفها. ومن جهة أخرى، تناول مصادر التمويل المختلفة والمتاحة أمام منتجي الطاقة المتجددة - سواءً كانت محلية أم خارجية - وإمكانية تطوير كلٍ منها، مع الإشارة إلى بعض الأدوات التمويلية المبتكرة.

3- مخاطر الاستثمار في الطاقة المتجددة:

تنقسم المخاطر المصاحبة للاستثمار في الطاقة المتجددة والمؤثرة في الوصول للتمويل إلى: مخاطر مرتبطة بالتكنولوجيا ومراحل نمو المشروع، ومخاطر مرتبطة باتفاقيات شراء الطاقة وسياسات الدولة.

3-1 المخاطر التي ترتبط بالتكنولوجيا ومراحل نمو المشروع:

تحتاج مؤسسات التمويل قبل الإقراض إلى ما يثبت إمكانية نمو المشروع مع الحد الأدنى من المخاطر مثل تصاريح بناء المشروع وتأمين المواد الخام وتوقيع عقود اتفاقيات شراء الطاقة. وتختلف المخاطر باختلاف مراحل نمو المشروع (Jager et al, 2001: 116-119)، ويمكن توضيحها فيما يلي:

3-1-1 مخاطر مرحلة التخطيط وتأمين موارد المشروع:

وتأخذ هذه المرحلة وقتاً طويلاً غالباً لإجراء عمليات الترخيص والموافقات المطلوبة، واستطلاع رد الفعل الشعبي تجاه التقنيات المستخدمة. ومثال ذلك:

أ- تواجه النظم الكهروضوئية الأرضية متطلبات إدارية معقدة لتحديد المكان المناسب، وتقييم تأثيراتها البصرية على عكس الخلايا الكهروضوئية على الأسطح.

ب- تميل محطات الكتلة الحيوية لأن تكون بعيدة عن المناطق السكنية، وتنشأ صعوبات التخطيط لها حسب المتطلبات القانونية المحلية. وتواجه تحديات عدم وجود البنية التحتية.

ج- لتأمين موارد الكتلة الحيوية، تكمن الصعوبة في الاتفاق على توريد طويل الأجل بحجم ومواصفات وأسعار معينة فضلاً عن مشكلات البنية التحتية الأساسية.

د- تحتاج بعض تقنيات الطاقة الشمسية إلى إمدادات كافية وقريبة من المياه.

3-1-2 مخاطر البناء والتشغيل:

يؤثر هيكل العقد وبنوده، ومواعيد البدء والانتهاء من منشآت المشروع، واستراتيجية التشغيل والصيانة؛ على إيجاد فرص أكبر للتمويل. ومن أمثلة المخاطر في هذه المرحلة: أن إشراك عدد كبير من الأطراف يؤدي إلى زيادة التعقيد. وتزداد المخاطر التشغيلية لمشاريع طاقة الرياح البحرية مثلاً بسبب عدم قدرة الشركات المصنعة للتوربينات على توفير ضمانات طويلة الأجل. وعلى النقيض من ذلك تكون مشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية ذات مخاطر تشغيلية محدودة بسبب عدم وجود أجزاء متحركة، وتقتصر الصيانة الدورية على تنظيف الألواح الشمسية.

3-1-3 مخاطر نوعية وكفاءة الموارد:

تعتبر توقعات الرياح ومستويات الإشعاع الشمسي المبنية على تقارير فنية، من العناصر الحاكمة في الوصول إلى التمويل. ذلك أن مصادر الطاقة المتجددة تتسم بالتقطع وعدم الاستمرارية. وتعتمد مشروعات الكتلة الحيوية على تعاقدات المواد الخام بأسعار ومواصفات معينة. ويؤدي عدم كفاءة ودقة التقارير وفشل تأمين عقود الكتلة الحيوية إلى تعقيد مهمة الحصول على التمويل.

3-1-4 مخاطر الوصول إلى شبكة الكهرباء المركزية:

وتعد مسألة الوصول للشبكة من المخاطر الأساسية لمشروعات الطاقة المتجددة، وتتوقف على حالة البنية التحتية القائمة، وأولوية الربط بالشبكة. ولا ينبغي أن تنتظر مشروعات الطاقة المتجددة مرحلة بدء التشغيل لحسم مسألة الاتصال بالشبكة. وتعاني بعض الدول من ضعف البنية التحتية لمشروعات الطاقة عموماً، ولذلك تحتاج إلى مزيد من الاستثمارات لتطوير وتوسيع البنية التحتية حتى تلبي احتياجات التنمية. ومن أمثلة هذه المخاطر:

- حاجة مشروعات الطاقة الشمسية المركزة وطاقة الرياح البحرية لاستثمارات إضافية لربطها بشبكة الكهرباء بسبب إقامتها بعيداً عن أماكن الاستهلاك.
- قد يواجه المشروع منافسة تجعل هناك مهلة زمنية - تطول أو تقصر - للاتصال بالشبكة. وقد لا تكون هناك أولوية لمشروعات الطاقة المتجددة ككل، أو لبعض المصادر في الاتصال بالشبكة.

3-2 المخاطر التي ترتبط باتفاقيات شراء الطاقة وسياسات الدولة:

يحتاج المستثمر إلى التأكد بشأن اتفاقيات شراء الطاقة، وأن السياسات وضعت في إطار استراتيجية طويلة الأجل. وبناءً عليه، يتخذ قرار الاستثمار، ويبدأ البحث عن تمويل للمشروع. وتسعى الدولة لإيجاد التوازن بين إرضاء المستثمرين، وتخفيف عبء التكلفة على المستهلك. وتوضح اتفاقية شراء الطاقة ما إذا كانت الدولة تضمن شركات التوزيع في دفع قيمة تعريفة التغذية، وما هو طول مدة التعريفة، وهل توجد أولوية لشراء الطاقة المتجددة؟. وأما المخاطر التي ترتبط بسياسات الدولة، فتتمثل في الآتي:

أ- عدم وضوح الرؤية العامة أو استراتيجية الدولة بشأن الطاقة المتجددة.

ب- التغيير العشوائي والمستمر في سياسات الطاقة المتجددة. فقد تقوم دولة ما بالإعلان عن قيم تعريفة التغذية، وبمجرد أن يبدأ المستثمرون في البحث عن التمويل، يحدث تغيير مفاجئ فيها أو تظهر شروط أخرى غير محفزة للاستثمار. ويؤدي ذلك إلى تردد القطاع الخاص في الاستثمار.

ج- عدم وجود إرادة سياسية داعمة للطاقة المتجددة.

د- عدم وجود عدالة في دعم قطاع الطاقة، إذ يتم دعم الوقود الأحفوري الملوث للبيئة تخفيفاً للعبء على المستهلك وإهمال الطاقة المتجددة النظيفة.

4- سبل تخفيف مخاطر الاستثمار في الطاقة المتجددة:

لتخفيف المخاطر الخاصة بالتكنولوجيا، يمكن اتخاذ عدد من الخطوات كما يلي:

أ- تقييم تقنيات الطاقة المتجددة وتصنيفها لتحديد مدى قدرة المشروع على تحقيق العوائد المتوقعة، ومن ثم تسهيل الوصول إلى رأس المال بتكلفة منخفضة. ويمكن أن يتم التصنيف من قبل هيئة أو وكالة خاصة، تنشئها الدولة لهذا الغرض. وتُكلف هذه الهيئة بتقديم المشورة للمؤسسات المالية المسئولة عن منح القروض لمشروعات الطاقة المتجددة.

ب- تحديد التقنيات التي تفتقر إلى رأس المال واستخدام التمويل الحكومي لسد تلك الفجوة.

ج- يمكن التخفيف من مخاطر التكنولوجيا عن طريق التأمين. وتشترط شركات التأمين التقليدية بيانات تاريخية وفنية عن الآداء التكنولوجي وبيانات للطقس لقياس التوزيعات الاحتمالية، ومن ثم احتمالات

الربح والخسارة. ولا تتوفر هذه الشروط في تكنولوجيات الطاقة المتجددة. ولذلك لابد من تطوير فكرة التأمين بالمشاركة بين الحكومة والقطاع الخاص في اتجاهين:

الاتجاه الأول: التزام الحكومة أو القطاع العام أو بالاشتراك مع بعض المنظمات المحلية أن توفر المعلومات اللازمة حول المخاطر الحقيقية لتكنولوجيات الطاقة المتجددة، وذلك من خلال تمويل أبحاث تجريبية لتوفير سجلات للتكنولوجيا الأقل نضجاً.

الاتجاه الثاني: يمكن للقطاع العام بالتعاون مع القطاع الخاص تصميم نوع جديد من التأمين خصيصاً لمشروعات الطاقة المتجددة، من شأنه أن يوفر الحماية والدعم الكافي لتكنولوجيا الطاقة المتجددة في مرحلة الحصول على التمويل وفي مرحلة التشغيل.

وفيما يتعلق بالمخاطر التي تواجه المشروع خلال مراحل نموه، هناك بعض الإجراءات الضرورية لتخفيفها. وتتمثل في الآتي (Nasirov et al, 2015: 12).

أ- تبسيط وتسهيل وتوحيد الإجراءات المطلوبة للحصول على التصاريح والتراخيص اللازمة لتخطيط وبناء وتشغيل مشروعات الطاقة المتجددة.

ب- تجديد خرائط الرياح باستمرار، وتوفير كل بيانات الإشعاع الشمسي، وغيرها من البيانات عن مصادر الطاقة المتجددة، وإتاحتها للقطاع الخاص من قبل هيئة مختصة بذلك.

ج- زيادة الوعي العام بفوائد الطاقة المتجددة.

د- ضمان الصيانة المستمرة لمشروعات الطاقة المتجددة.

ه- توسيع نطاق الشبكة لتقريب المسافة بين مواقع إنتاج الطاقة المتجددة ومصادر استهلاك الكهرباء.

و- تنظيم عملية الاتصال بالشبكة للمشروعات المختلفة.

ويمكن تخفيف المخاطر المرتبطة بسياسات الدولة بشكلٍ عام عن طريق:

أ- وضع استرتيجية واضحة طويلة الأجل لدور الطاقة المتجددة في الاقتصاد القومي.

ب- تعديل سياسة دعم الطاقة، بما يوضح التكلفة الحقيقية لكل من الطاقة التقليدية والطاقة المتجددة.

ج- تأكيد أولوية الكهرباء المتجددة على غيرها في الاتصال بالشبكة.

د- طمأنة القطاع الخاص بشأن استقرار اتفاقيات شراء الطاقة. ويفضل أن تكون هذه الاتفاقيات مدعومة من قبل البنك المركزى أو الخزانة العامة (Abolhosseini and Heshmati, 2014: 33) .

ه- تحديد قيمة التعريفة بناءً على تكلفة التوليد، بما يحفز المنتجين ويخفف العبء على المستهلكين.

و- تقليل وتحديد السلطات المعنية بالطاقة المتجددة، لتفادي تضارب التشريعات.

5- مصادر تمويل مشروعات الطاقة المتجددة وبعض أدوات التمويل المبتكرة:

تفضل المؤسسات التقليدية مثل البنوك وأسواق المال تمويل المشروعات ذات المخاطر المعروفة والعوائد المضمونة. وهذا لا ينطبق على استثمارات قطاع الطاقة. ومع ذلك، فقد كانت البنوك وأسواق المال هي المصدر الرئيس لتمويل مشروعات الوقود الأحفوري، عن طريق القروض قصيرة وطويلة الأجل. ولكن بعد أن اكتسبت خبرات كافية لتقييم أنشطة التمويل في هذا المجال، وبعد أن استقرت وترسخت تكنولوجيات الوقود الأحفوري وتكشفت مخاطرها.

ومع تزايد وتيرة التحول نحو الطاقة المتجددة، أصبح لزاماً على هذه المؤسسات أن تقوم بتلبية طلبات الإقراض لهذا الغرض. وعلى عكس المتوقع، تحفظت البنوك أكثر في تمويل المشروعات طويلة الأجل مؤخراً ومنها الطاقة المتجددة. ويرجع ذلك إلى أسباب عدة من بينها، حدوث الأزمة المالية العالمية، التي غيرت ديناميكية القطاع المصرفي، وتبعها تغيير اللوائح المصرفية (Basel III)، إضافة إلى أن البنوك وأسواق المال لم تكتسب بعد خبرات كافية لتقييم مخاطر الطاقة المتجددة. ونتج عن ذلك انخفاض مستوى الإقراض لمشروعات الطاقة بشكل عام، والطاقة المتجددة بشكل خاص، وارتفاع أسعار الفائدة على القروض، وزيادة التركيز على الإقراض قصير الأجل لتجنب مخاطر السيولة. ومن هنا، نشأت أهمية ابتكار مصادر جديدة للتمويل تتناسب مع خصائص استثمارات الطاقة المتجددة ومخاطرها. إذ أن مصادر وآليات التمويل التقليدية لن تكفي لتمويل مشروعات الطاقة المتجددة بسبب ارتفاع مخاطر التكنولوجيا الجديدة، وحاجتها إلى استثمارات رأسمالية كبيرة (World Energy Council, 2014: 49-60).

1-5- أبرز المصادر والأدوات المبتكرة لتمويل الطاقة المتجددة:

يفضل استخدام مصادر تمويلية متخصصة لتنمية مشروعات الطاقة المتجددة نظراً لمخاطرها العالية وحاجتها إلى استثمارات كبيرة. وفي الدول الفقيرة أو التي تفتقر لبنية تحتية واسعة وموارد مالية كافية يكون من المناسب ابتكار آليات تمويلية لتشجيع المشروعات صغيرة الحجم. بمعنى آخر تكييف هذه البلدان مع خصائص النظم اللامركزية لإنتاج الطاقة (Oji et al, 2016: 114). أما الدول التي تمتلك بنية تحتية جيدة فيسهل فيها ربط مشروعات الطاقة المتجددة بالشبكة. وأيضاً تحتاج تلك المشروعات إلى مصادر مبتكرة للتمويل. وبشكل عام، تعتبر البنوك الخضراء والسندات الخضراء من أبرز المصادر والآليات المبتكرة لتمويل استثمارات الطاقة المتجددة وذلك كما يلي (World Energy Council, 2014: 49-60):

أ- **البنوك الخضراء** (Green Banks)

تتخصص البنوك الخضراء في تمويل مشروعات الطاقة النظيفة والمتجددة. وتقع معظم هذه البنوك في الدول المتقدمة حيث ترعاها الدولة. وينحصر مجال عملها في تذليل العقبات أمام تمويل الطاقة النظيفة وكفاءة الطاقة و الطاقة المتجددة وذلك من خلال: تعبئة رأس المال الخاص وتوجيهه نحو الطاقة المتجددة، ومساعدة مستثمري القطاع الخاص في فهم مشروعات الطاقة المتجددة، وكذلك تمويل مشروعات الطاقة الصغيرة التي لا تستطيع الوصول إلى مؤسسات التمويل الكبيرة، وأخيراً تبنى مبادرات لنشر الطاقة المتجددة في القطاع التجاري والسكني.

ب- **رأس المال المغامر/ المجازف** (Venture capital)

يعتبر أحد المصادر الحاسمة في تمويل قطاع الطاقة، والقطاعات الحديثة بشكل عام. ويميل رأس المال المغامر إلى الاستثمار في المشروعات ذات المخاطر العالية والتكنولوجيات الحديثة المبتكرة. ولذلك يكون أعلى تكلفة من مصادر التمويل الأخرى مثل القروض العادية والسندات. ويتصف رأس المال المغامر بالمجازفة والمخاطرة الشديدة، وبالتالي لا يتطلب تقديم ضمانات كبيرة. ويكفي دراسات الجدوى المحكمة، وإيمان أصحاب رأس المال بفكرة المشروع. ويصعُب إيجاد رأس المال المغامر خارج بعض الدول المتقدمة حيث يحتاج إلى قدرات عقلية مختلفة وجريئة.

ج- **السندات الخضراء** (Green Bonds)

هي بمثابة أدوات للحصول على تمويل طويل الأجل مثل السندات العادية. ونشأت بسبب سيطرة السندات الحكومية على سوق السندات المحلية، والذي يرجع إلى الاعتماد على الاقتراض المكثف لتمويل عجز الموازنة. ويُشترط للاقتراض من أسواق السندات الدولية وجود تصنيف ائتماني عال. أما السندات الخضراء فتستهدف الاستثمار فقط في مشروعات الطاقة النظيفة لملء الفراغ الذي تتركه الأدوات المالية التقليدية مثل القروض المصرفية أو الميسرة.

د- **المستثمرون المؤسسيون** (Institutional investors)

يطلق عليها بنوك الظل، وهي تشمل صناديق التقاعد، وشركات التأمين، والصناديق الخاصة وغيرها. وتميل هذه المؤسسات للبحث عن استثمارات طويلة الأجل، منخفضة المخاطر، قليلة التقلبات المرتبطة بالتضخم، ويمكن التنبؤ بعوائدها. ولا تنطبق هذه المواصفات على مشروعات الطاقة المتجددة. ويمكن توجيه هذه المؤسسات باستخدام بعض الحوافز، خاصة وأنها تميل إلى توزيع المخاطر ما بين أسهم وسندات واستثمارات مختلفة. ومن أهم هذه الحوافز: دعم الحكومة المباشر للطاقة المتجددة، ووضع سياسات وتدابير تنظيمية على مستوى عالٍ لسوق الطاقة المتجددة، وتكثيف الدراسات وتوفير البيانات اللازمة لتقييم المشروعات.

المبحث الخامس

الآثار الاقتصادية لاستخدام الطاقة المتجددة

تعتبر الآثار البيئية نقطة الضعف الأبرز للوقود الأحفوري. ولذلك يتم التركيز غالباً على الفوائد البيئية عند تسويق الطاقة المتجددة. ولا تلقى الآثار الاقتصادية للطاقة المتجددة اهتماماً مماثلاً. ومن بين الآثار الاقتصادية يتم التركيز على أمن إمدادات الطاقة، رغم أن هناك تأثيرات أخرى مباشرة للطاقة المتجددة على الناتج والتوظيف وتوزيع الدخل.

ومن البديهي أن تعتمد عملية التنمية المستدامة على الموارد المحلية بشكل أساسي مع إمكانية الاستعانة بموارد أجنبية كخيار ثان. والطاقة المتجددة تعتبر مثالاً بارزاً على استغلال الموارد المحلية الطبيعية، خاصة وأن كل الدول تقريباً تتمتع بإمكانات لإنتاج الطاقة المتجددة. إن الآثار الاقتصادية للطاقة المتجددة ما تزال محل نقاش وجدل كبير، خاصةً فيما يتعلق بنوعية الوظائف واستخدام الأراضي. لكن هناك شبه اتفاق حول أثر الطاقة المتجددة على الناتج وعدد الوظائف وتنمية الريف، بخلاف تأمين وتنويع إمدادات الطاقة.

1- أثر الطاقة المتجددة على الناتج المحلي:

يمكن للطاقة المتجددة أن تخلق سلاسل قيمة أكثر تنوعاً من الوقود الأحفوري نظراً لتعدد تكنولوجياتها وإمكانية إنتاج بعض هذه المكونات محلياً. وتخلق الطاقة المتجددة روابط أمامية وخلفية مع قطاعات أخرى مثل الصناعة والزراعة والنقل والتشييد والبناء مما يؤدي إلى زيادة في الناتج. وتتمثل هذه الروابط في حاجة منشآت الطاقة المتجددة إلى قطع غيار ومستلزمات للتشغيل والصيانة ومواد خام، وحاجة القطاعات الأخرى إلى الحرارة والكهرباء. وتساهم الطاقة المتجددة في زيادة إنتاج الكهرباء من مصادر أكثر تنوعاً وانتشاراً. وتمثل نفقات مشروعات الطاقة المتجددة إيرادات لقطاعات أخرى داخل الدولة أكثر من مشروعات الوقود الأحفوري التي تميل إلى الانعزال عن السوق المحلي وتكوين شراكة أجنبية. وبالتالي تتسرب معظم عوائد مشروع الوقود الأحفوري إلى الخارج. وتسهم الطاقة المتجددة في زيادة نمو القطاع الزراعي عن طريق إتاحة إدخال الآلات والمعدات في عملية الزراعة. وتوفر الطاقة المتجددة خدماتها في أبعد الأماكن مما يحفز على إقامة أنشطة جديدة في المناطق الريفية والمنعزلة وزيادة الناتج المحلي[6](NRDC, 2013: 2).

2- أثر الطاقة المتجددة على التنمية الريفية:

يعتبر نقص خدمات الطاقة أحد أبرز معوقات تنمية الريف. ويرجع السبب إلى ارتفاع تكلفة تغذية المناطق النائية والمنعزلة والريفية بالكهرباء من الشبكة المركزية. ويمكن للطاقة المتجددة المساعدة في حل هذه المشكلة عن طريق النظم اللامركزية أو المشروعات المستقلة عن الشبكة. وتوفر هذه المشروعات الطاقة اللازمة للقرية التي تقام بها، ويمكن توريد الفائض إلى الشبكة العامة. وقد تقدم الطاقة بسعر أرخص من الشبكة كجزء من التعويض لكسب تأييد المجتمع الريفي. ويعد توفير الكهرباء للمناطق المحرومة منها بأسعار أعلى من الشبكة خيار أفضل من عدم الحصول عليها من الأساس.

[6] The Natural Resources Defense Council (NRDC) مجلس الدفاع عن الموارد الطبيعية: منظمة غير هادفة للربح مقرها نيويورك.

3- أثر الطاقة المتجددة على التنويع الإنتاجي:

ويقصد بالتنويع الإنتاجي أمران، الأول: تنويع مصادر الحصول على الطاقة بدلاً من الاعتماد على مصدر وحيد. والأمر الثاني: عدم الاقتصار على الزراعة كنشاط إنتاجي وإضافة نشاط آخر هو إنتاج الطاقة. وفي كل من الأمرين فوائد كبيرة للاقتصاد القومي.

أولاً: تنويع مصادر الحصول على الطاقة وعلاقته بتأمين الإمدادات

تلجأ دول العالم في سبيل تأمين إمدادات الطاقة إلى عدد من الإجراءات الاقتصادية والسياسية وأحياناً العسكرية، وبعض هذه الإجراءات يكون مكلفاً للغاية. في حين أن تأمين إمدادات الطاقة يحتاج إلى نظرة مختلفة قليلاً. ويُقصد بتأمين إمدادات الطاقة (أمن الطاقة) "إتاحة مصادر الطاقة التي يُعتمد عليها بكميات كافية واستقرار نسبي وأسعار مقبولة". وإذا انخفض المعروض من الطاقة أو تأخر وصولها إلي أماكن استهلاكها لسبب أو لآخر؛ فهذا يعني فشل تأمين إمدادات الطاقة. وتزداد مخاوف تأمين الإمدادات في حالة الاعتماد على مصدر وحيد للحصول على الطاقة كما هو الحال مع الوقود الأحفوري، الذي يتواجد في مناطق بعينها وبكميات محدودة. وتعد تكاليف تأمين الإمدادات منه كبيرة، ويعطى بعض الدول فرصة استخدامه كوسيلة للضغط على دول أخرى.

وبناءً عليه، فإن أفضل وسيلة لتأمين إمدادات الطاقة هي تنويع مصادر الحصول على الطاقة، وعدم الاقتصار على مصدر وحيد، حتى وإن كان متاحاً بأسعار منخفضة وكميات كبيرة. وينطبق ذلك على الدول المنتجة للوقود الأحفوري بقدر ما ينطبق على الدول المستوردة له. والغرض الأساسي من تنويع مصادر الحصول على الطاقة هو تأمين الإمدادات ضد أي نقص قد يحدث في واحد من هذه المصادر. وبالتالي لا تُرهن عملية التنمية بمصدر وحيد للطاقة.

وفي هذا الصدد، توفر الطاقة المتجددة بدائل عدة لتأمين إمدادات الطاقة، خاصةً وأن كل دولة تتمتع بامتلاكها لمصدر أو اثنين على الأقل من مصادر الطاقة المتجددة. ويتناغم هذا جيداً مع التنمية المستدامة التي تقوم في الأساس على استغلال الموارد المحلية، بدلاً من الاعتماد على الوقود الأحفوري المُكلف في استيراده وتأمين إمداداته. وتتعدد الفوائد المترتبة على هذا التنويع. إذ تقل تكاليف استيراد الوقود الأحفوري، وتعتمد عملية التنمية على موارد محلية، ويتم تخفيف تقلبات أسعار الوقود الأحفوري أو مخاطر انقطاع إمداداته، وأخيراً تنخفض انبعاثات الكربون وتقل درجة التلوث.

ثانياً: إنتاج الطاقة والنشاط الزراعي

تعد الطاقة أحد المدخلات الرئيسة في الإنتاج الزراعي الحديث خاصة منذ اكتشاف الوقود الأحفوري. حيث زاد الاعتماد على الأسمدة الكيماوية المستخرجة منه، وارتفعت نسب استخدام الآلات في الزراعة، فضلاً عن تخزين المحاصيل وتصنيعها وتوزيعها. ولذلك، تتأثر تكاليف الإنتاج الزراعي مباشرة، ومن ثم أسعار الغذاء بتغير أسعار الوقود الأحفوري. ومع ظهور تكنولوجيا الوقود الحيوي المشتق من المحاصيل الزراعية انعكست العلاقة بين قطاع الطاقة والإنتاج الزراعي لتصبح المواد الغذائية أهم المدخلات للحصول على الطاقة الحيوية. ويعد إنتاج الطاقة المتجددة حالياً أحد طرق الحصول على الدخل مثل النشاط الزراعي. ووفقاً لمفهوم الفرصة البديلة، إذا تعين المفاضلة بينهما سيتم اختيار النشاط الذي يدر دخلاً أكبر. ولكن اللجوء

إلى إنتاج الوقود الحيوي تحديداً بغرض حل أزمة الطاقة وتقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري سيؤدي إلى زيادة الطلب على المحاصيل الغذائية. ويُتوقع ارتفاعات في أسعار الغذاء. من هنا، نشأت المخاوف بشأن تأثير التحول نحو الطاقة المتجددة على النشاط الزراعي، ومن ثم الأمن الغذائي. فقد يترتب على محاولة حل أزمة الطاقة نشوء أزمة في الغذاء.

ويؤدي إنتاج المزيد من الوقود الحيوي، إلى زيادة الطلب على المحاصيل الزراعية. وبالتالي سوف تتضخم أسعار تلك المحاصيل من جهة، ومن جهة أخرى سوف تتسع مساحة الأراضي الزراعية المخصصة لزراعتها على حساب زراعة المحاصيل الغذائية الأخرى. وتتوقف الزيادة في إنتاج الوقود الحيوي على أمرين، أحدهما نظري والآخر واقعي. الأمر الأول: أن تغيير نمط الزراعة لدى الفلاحين مرتبط مباشرة بالإيرادات التي تتيحها المحاصيل. وإذا كانت الزراعة الموجهة للوقود الحيوي أكثر ربحية، سيتحول النشاط الزراعي تجاه تلك المحاصيل مباشرة. والأمر الثاني أن تكنولوجيا الوقود الحيوي المشتق من المحاصيل الزراعية قد طُبقت بالفعل ولاقت نجاحاً كبيراً في البرازيل وغيرها. وهذا معناه، أن التكنولوجيا ذات جدوى اقتصادية كبيرة (جوادى، وعزاوى، 2014: 184-185). وينبغي الإشارة إلى أن زيادة إنتاج الوقود الحيوي لن تكون المتسبب الوحيد في ارتفاع أسعار الغذاء، وإنما هناك أسباب أخرى مثل زيادة الطلب العالمي على الغذاء بسبب تحسن مستويات الدخول في الاقتصادات الناشئة ذات الكثافة السكانية العالية، وكذلك ارتفاع أسعار النفط، فضلاً عن تزايد الفيضانات والكوارث التي تقضي على نسبة من المحاصيل الغذائية من وقت لآخر بفعل تغير المناخ.

ويجري الآن تطوير تكنولوجيات الوقود الحيوي المستمدة من عناصر أخرى مثل السليلوز، وتقليل الوقود الحيوي المشتق من المحاصيل الغذائية. وترتبط بعض التقنيات الأخرى للطاقة المتجددة بالنشاط الزراعي، حيث غالباً ما تقام محطات طاقة الرياح في الأراضي الزراعية. ولا يمكن القول أنها تهدد النشاط الزراعي لأن المساحة التي تشغلها فعلياً لا تتعدى 1% من مساحة الأرض الكلية. وبالتالي يمكن تنويع النشاط الإنتاجي بإنتاج طاقة الرياح جنباً إلى جنب مع الزراعة وعدم التضحية بأحدهما لإنتاج الآخر.

4- أثر الطاقة المتجددة على الوظائف:

تساهم مشروعات الطاقة المتجددة في خلق وظائف إضافية، لكن ينبغي النظر إلى استمرارية هذه الوظائف وليس عددها فقط. ويعتمد ذلك على أمرين، أولهما: المرحلة التي يمر بها مشروع الطاقة المتجددة. والأمر الثاني: نوع التكنولوجيا المستخدمة. وفي مرحلة بناء المشروع يتم خلق فرص عمل كثيرة ولكنها مؤقتة لارتباطها بمرحلة البناء فقط. وتكون الوظائف أكثر استدامة في مراحل الصيانة والتشغيل، التي تستمر طوال عمر المشروع. ويُستثنى من ذلك تكنولوجيا الكتلة الحيوية، حيث أن لها آثاراً أكثر ايجابية على نوعية وحجم العمالة بسبب حاجتها الدائمة إلى إنتاج وتجهيز ونقل المواد الخام. ومن الصعب أن تنشأ بعض الوظائف في المجتمعات المحلية بسبب احتياجها لمهارات فنية عالية جداً مثل تصنيع المعدات (del Rio and Burguillo, 2008: 12). وبشكل عام، تتوقف مسألة التوظيف على نمو السوق المحلي وزيادة الطلب على الطاقة المتجددة. ويوجد أثران لنمو الطاقة المتجددة، الأول: أثر الانكماش. حيث قد تكون أسعار الكهرباء المتجددة مرتفعة، فينخفض الطلب ويقل التشغيل. والأثر الثاني: أثر التوسع. حيث يؤدي وجود تأييد شعبي لزيادة الطلب على الكهرباء المتجددة، ومن ثم زيادة التشغيل. وإذا لم يكن هناك تأييد شعبي في كل الأحوال ستكون المحصلة ضعيفة من حيث التشغيل والإنتاج.

من جهة أخرى، ينبغي معرفة إذا ما كانت مشروعات الطاقة المتجددة تؤدي إلى توظيف عاطلين عن العمل أم تتسبب في نقل العمالة من قطاعات أخرى مثل الزراعة، وهل تؤدي مشروعات الطاقة المتجددة إلى توفير مصدر تكميلي من الدخل للمزارعين، بحيث تضيف ميزة العمل بالطاقة المتجددة بدون التخلي عن الزراعة كنشاط أساسي؟.

5- أثر الطاقة المتجددة على توليد وتوزيع الدخل:

توفر وظائف الطاقة المتجددة مصادر إضافية لتوليد الدخل. ويضاف إليها التعويضات التي تدفعها مشروعات الطاقة المتجددة للمزارعين المحليين للتعاقد على أراضيهم. وتُسهّل هذه التعويضات قبول المشروع من قبل المجتمع المحلي، والذي يعد عنصراً حاسماً في قدرته على البقاء. وتستفيد الحكومة من زيادة المتحصلات الضريبية، وقد يحصل المشروع على منحة من إحدى المؤسسات أو الصناديق الدولية الداعمة للطاقة النظيفة. لكن التساؤل الهام يتعلق بمدى كفاية هذه التعويضات، وهل تشمل نسبة من أرباح المشروع؟، أو هل يراعي عند حسابها الفرق بين عائد الأرض من الزراعة وعائدها من الطاقة المتجددة (الفرصة البديلة)؟. ويمكن لمشروعات الطاقة المتجددة أن تحقق عدالة في توزيع الدخل وفرص العمل، إذا تم إنشاؤها في الأقاليم الأقل نمواً لتستهدف الفئات ذات الدخل المنخفض (الأقل مهارة)، وبالتالي تخفف من حدة الفقر.

الفصل الثاني

تجارب رائدة في استخدام الطاقة المتجددة

المبحث الأول: الطاقة المتجددة عالمياً

المبحث الثانى: اقتصاديات الطاقة المتجددة في ألمانيا

المبحث الثالث: اقتصاديات الطاقة المتجددة في الصين

مقدمة:

بدأ التفكير في الطاقة المتجددة بعد أزمتي ارتفاع أسعار النفط في سبعينيات القرن الماضي، حيث سمح ارتفاع أسعار النفط بتجربة بدائل أخرى. واستمر نمو الطاقة المتجددة مرهوناً بأسعار النفط حتى بداية القرن الحالي. وطوال الفترة من عام 2002 حتى الآن، حققت القدرات المركبة للطاقة المتجددة عالمياً نمواً متواصلاً بنسبة 6,34% في المتوسط سنوياً. وذلك رغم انخفاض أسعار النفط بشكل كبير مرتين، الأولى: بعد تفاقم الأزمة المالية العالمية، والثانية: انخفاضاً متعمداً بدأ عام 2014 ، وسببه زيادة المعروض من جانب الدول المنتجة. إذاً، لم يعد نمو استخدام الطاقة المتجددة في كثير من الدول المتقدمة في إنتاج الطاقة المتجددة؛ متوقفاً على سعر الوقود الأحفوري، وإنما علي عوامل تخص الطاقة المتجددة مثل حجم الاستثمارات والتطور التكنولوجي والقبول المجتمعي.

وقد أظهرت تكاليف الطاقة المتجددة في كل من ألمانيا والصين انخفاضاً خلال السنوات الأخيرة، إلا أن التركيز كان بشكل أكبر على تكنولوجيا الرياح البرية الأقل تكلفة. واختارت ألمانيا استخدام تعريفة التغذية لدعم طاقتي الرياح والطاقة الكهروضوئية. بينما حققت الصين طفرة في القدرات المركبة عن طريق المزج بين نظام الحصص وتعريفة التغذية، وساعدها في ذلك امتلاك الدولة لغالبية شركات إنتاج وتوزيع الطاقة. وتتميز تجربة ألمانيا باتباع نموذج لامركزي للطاقة، تزداد فيه ملكية المواطنين لقدرات الطاقة المتجددة، عن طريق ما يعرف بتعاونيات الطاقة. وتستهدف ألمانيا السوق المحلي بشكل أكبر للوصول إلى أعلى مستوى من تأمين إمدادات الطاقة. وفي المقابل، طبقت الصين نموذجاً مركزياً، تمتلك فيه الدولة غالبية قدرات الطاقة المتجددة. كما أعطت الصين أولوية للمشاركة في سلسلة القيمة العالمية للطاقة المتجددة، وكانت النتيجة ارتفاع كبير في نصيبها من الأسواق الدولية لمنتجات الطاقة المتجددة، وفي حجم الوظائف التي وفرتها مشروعات الطاقة المتجددة. وقد كان لاختلاف الدوافع في كل من الدولتين تأثيراً مباشراً على السياسات المتبعة وطرق الوصول إلى التمويل، وحتى الآثار المترتبة على استخدام الطاقة المتجددة.

وينقسم هذا الفصل إلى ثلاثة مباحث. في المبحث الأول الذي هو بعنوان الطاقة المتجددة عالمياً، تجري مناقشة واقع ومؤشرات الطاقة المتجددة عالمياً، بدءاً من تطور القدرات المركبة وإنتاج الكهرباء ومزيج استهلاك الطاقة ثم الانتقال إلى الأبعاد الاقتصادية للطاقة المتجددة. وفي المبحثين الثاني والثالث: يتم التعرف على أهداف وواقع التحول ثم الأبعاد الاقتصادية للطاقة المتجددة في كل من ألمانيا والصين، باعتبار الأولى واحدة من دول العالم المتقدم ورائدة في الطاقة المتجددة، والصين هي إحدى أبرز دول العالم النامي، ومن أكثر دول العالم استهلاكاً للطاقة.

المبحث الأول
الطـــاقة الـمـتـجـددة عـــالـمـيـــاً

1- أهداف الطاقة المتجددة عالمياً:

لا تزال أهداف الطاقة المتجددة تمثل الوسيلة الأساسية في مختلف الدول للتعبير عن التزامها السياسي بنشر الطاقة المتجددة. ويفيد وضع أهداف للطاقة المتجددة عند استهداف مشاركة القطاع الخاص في استثمارات الطاقة المتجددة. وكلما زاد عدد الدول التي تضع أهدافاً دل ذلك على انتشار فلسفة التحول نحو الطاقة المتجددة.

ويتضح زيادة عدد الدول التي وضعت أهدافاً للطاقة المتجددة بين عامي 2005 و 2015، من 43 إلى 164 دولة. ويلاحظ أن عدد الدول التي وضعت أهدافاً خاصة بنسبة مساهمة الكهرباء من الطاقة المتجددة، قد وصل إلى 150 دولة عام 2015 بعد أن كان 42 دولة فقط عام 2005. وزاد عدد الدول التي تستهدف زيادة إنتاج الوقود الحيوي من 27 دولة عام 2005 إلى 59 دولة عام 2015. كذلك زاد عدد الدول التي تستهدف استخدام الطاقة المتجددة في التسخين والتبريد من دولتين فقط عام 2005 إلى 47 عام 2015[1].

ووضعت كل هذه الدول أهدافاً كمية وخططاً لزيادة إنتاج الكهرباء من الطاقة المتجددة. ومثال ذلك: تستهدف كوستاريكا الحصول على 100% من الكهرباء عن طريق الطاقة المتجددة في عام 2035. في حين تستهدف بوليفيا تحقيق 79% عام 2030. وعلى المستوى دون الوطني تستهدف ولاية هاواي الأمريكية إنتاج 100% من استهلاكها للكهرباء بواسطة الطاقة المتجددة بحلول عام 2045.

2- تطور القدرات المركبة للطاقة المتجددة:

انعكست الزيادة في عدد الدول التي وضعت أهدافاً للطاقة المتجددة على حجم القدرات المركبة للطاقة المتجددة. فقد زادت هذه القدرات من 881,22 ج.و عام 2002 إلى 1031,51 ج.و عام 2006 بنسبة نمو 17%، ثم ارتفعت إلى 1330,60 ج.و عام 2010 بنسبة تقارب 29%، ثم وصلت إلى 1808,32 ج.و عام 2014 وبنسبة تصل إلى 36%. ويلاحظ تزايد معدل نمو القدرات من فترة لأخرى. وتعتبر هذه الزيادات كبيرة بالنسبة للطاقة المتجددة لكن ما يجعلها عادية ارتفاع نسبة الاعتماد على الوقود الأحفوري بنسبة تقترب من 80% من الاستهلاك النهائي العالمي للطاقة. وتحققت أكبر زيادة سنوية للقدرات المركبة عام 2015 ومقدارها 156,36 ج.و ، بمعدل نمو 8,65%. ويكتسب هذا الرقم أهميته ليس من حيث القيمة فقط، وإنما لأن هذه الزيادة أتت في ظل انخفاض أسعار النفط إلى ما دون الخمسين دولاراً للبرميل الواحد.

ويظهر من خلال الجدول التالي، معدلات نمو القدرات المركبة للطاقة المتجددة عالمياً في ضوء تطور أسعار البديل الأحفوري، والذي يُعبّر عنه بسعر سلة أوبك لبرميل البترول بالدولار الأمريكى. وهو الأمر الذي يجعل معدلات نمو القدرات المركبة ذات دلالة أكبر.

[1] لمزيد من المعلومات www.Irena.org

جدول رقم (2-1)

تطور القدرات المركبة للطاقة المتجددة والاستثمارات العالمية في ضوء تطور أسعار النفط خلال الفترة (2002 – 2015)

السنة	القدرات المركبة (ميجاوات)	معدل نمو القدرات المركبة (+/-)	حجم استثمارات الطاقة المتجددة (مليار دولار)	سعر سلة أوبك (دولار/ برميل)
2002	881220	–	–	–
2003	912006	3,5%	–	28,10
2004	949153	4,07%	46,6	36,05
2005	987075	3,84%	72,8	50,64
2006	1031515	4,5%	112	61,08
2007	1089858	5,57%	154	69,08
2008	1160889	6,25%	182,2	94,45
2009	1240788	6,88%	178,7	61,06
2010	1330605	7,24%	239,2	77,45
2011	1439504	8,18%	278,5	107,46
2012	1559929	8,37%	257,3	109,45
2013	1679992	7,7%	234	105,45
2014	1808328	7,64%	273	96,29
2015	1964688	8,65%	285,9	49,49

المصدر: إعداد الباحث بالاعتماد على بيانات www.irena.org

ومن الجدول السابق يمكن ملاحظة الآتي:

أ- تتزايد معدلات نمو القدرات المركبة للطاقة المتجددة سنوياً. حيث بدأت من 3,5% عام 2003، ثم صعدت إلى 4,07% عام 2004. بعدها هبط المعدل مرة وحيدة في عام 2005، ثم واصل الصعود مرة أخرى ولمدة عشر سنوات متصلة حتى وصل إلى أقصاه في عام 2015. ولم تتأثر هذه الزيادات بانخفاض أسعار النفط بعد تفاقم الأزمة المالية العالمية عام 2009، عندما انخفض سعر برميل النفط إلى 61,06 دولار للبرميل. ويُتوقع أن يستمر النمو في الطاقة المتجددة خصوصاً بعد اتفاق باريس بشأن المناخ عام 2015[2].

ب- توجد زيادة مستمرة وبمعدلات واضحة في استثمارات الطاقة المتجددة عالمياً. حيث زادت من 46,6 مليار دولار عام 2004 إلى 182,2 مليار دولار عام 2008. ولكنها انخفضت قليلاً إلى 178,7 عام 2009 بفعل الأزمة المالية العالمية، وعاودت الارتفاع مرة ثانية حتى وصلت إلى أعلى مستوى لها عام 2015. ويلاحظ أن الأزمة المالية رغم تأثيرها الكبير على سعر البترول عام 2009 حيث انخفض بنسبة 34,78% إلا أن حجم الاستثمار العالمي في الطاقة المتجددة لم ينخفض إلا بنسبة 1,92%. وقد تكون هذه بداية لفك الارتباط بين حجم الاستثمار في الطاقة المتجددة وأسعار البديل الأحفوري، وبصفة خاصة

[2] ينص الإتفاق على التزام دولي بإبقاء ارتفاع متوسط درجة الحرارة العالمية دون درجتين مئويتين فوق مستويات ما قبل العصر الصناعي. ويضاف إلى ذلك مساعدة الدول النامية على مواجهة ظاهرة الاحتباس الحراري بنحو 100 مليار دولار سنويا على الأقل بدءًا من عام 2020.

في الدول المتقدمة التي قطعت شوطاً كبيراً في تطوير تكنولوجيات الطاقة المتجددة وخفض تكاليفها لتنافس الوقود الأحفوري.

ج- تتميز أسعار النفط بالتقلب الشديد صعوداً وهبوطاً. وقد حدثت قبل ذلك انخفاضات حادة، لكن غالباً ما كانت ترتبط بأزمة اقتصادية مثل أزمة جنوب شرق آسيا عام 1997 وما بعدها، وكذلك الأزمة المالية العالمية عام 2008. أما الانخفاض الحادث في عامي 2015 و 2016 فلا يرتبط بأزمة اقتصادية أو مالية، وإنما بزيادة متعمدة في المعروض من النفط من جهة الدول المنتجة وعلى رأسها المملكة العربية السعودية لأهداف عدة من بينها زلزلة الاقتصاد الإيراني وتعريضه لخسائر كبيرة، وهو الذي يعتمد مثل السعودية على صادراته النفطية. وكذلك إيقاف صعود الولايات المتحدة كمنتج ومُصَدر للنفط الصخري، الأمر الذي جعلها تقلل وارداتها من النفط السعودي، وهي أكبر مستهلك للبترول عالمياً.

وقد يكون اتفاق باريس الأخير بمثابة نقطة فاصلة في مسيرة الطاقة المتجددة. لأنه يستهدف تنمية الطاقة المتجددة، والتخلي التدريجي عن الطاقة الأحفورية المسئولة عن تغير المناخ.

3- الإنتاج العالمي للكهرباء من الطاقة المتجددة:

شهد إنتاج الكهرباء من الطاقة المتجددة نمواً سنوياً بمعدلات ملحوظة في أغلب السنوات منذ عام 2003. حيث زاد معدل النمو من 0,027% عام 2003 إلى 7,96% عام 2004. ولكنه انخفض بنسب متفاوتة في السنوات الثلاثة التالية، ثم ارتفع إلى 4,71% عام 2008. وعاد إلى الانخفاض ليصل إلى أدنى مستوياته عام 2009 بفعل الأزمة المالية العالمية. ومنذ عام 2010، وهناك صعود مستمر بمعدلات تتراوح بين 5% و 9%. وذلك كما في الجدول رقم (2-2).

جدول رقم (2-2) تطور إنتاج الكهرباء من الطاقة المتجددة عالمياً في الفترة (2002 – 2014)

السنة	الإنتاج العالمي من الكهرباء بـ (جيجاوات/ ساعة)	معدل النمو
2002	2997833	–
2003	2998648	,027%
2004	3237289	7,96%
2005	3406035	5,21%
2006	3531041	3,67%
2007	3666191	3,83%
2008	3838977	4,71%
2009	3941640	2,67%
2010	4286366	8,74%
2011	4515441	5,34%
2012	4845270	7,3%
2013	5135501	5,99%
2014	5394945	5,05%

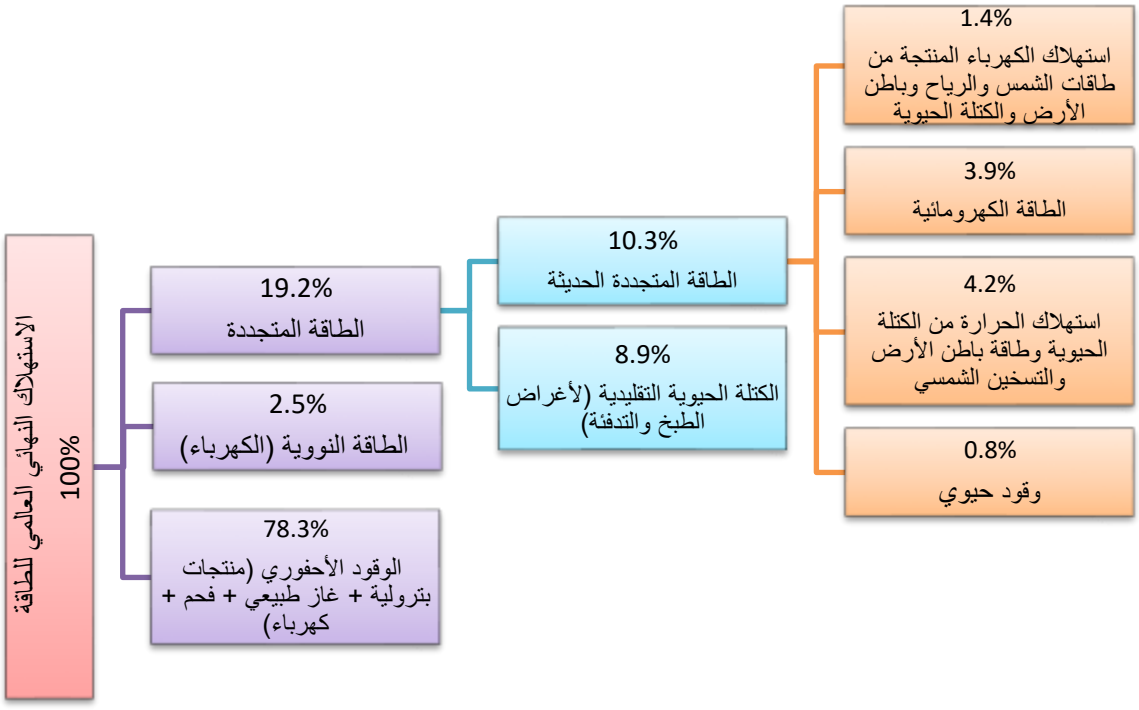
المصدر: إعداد الباحث بالاعتماد على بيانات www.Irena.org

4- مزيج استهلاك الطاقة عالمياً:

رغم الزيادة في القدرات المركبة لإنتاج الكهرباء من الطاقة المتجددة، ما زال الوقود الأحفوري يمثل النصيب الأكبر من الاستهلاك النهائي العالمي للطاقة بنسبة تصل إلى 78,3% في نهاية عام 2014. فيما تستحوذ الطاقة النووية على نسبة 2,5%. والباقي الذي يمثل 19,2% هو نصيب الطاقة المتجددة. بيد أنه عند مقارنة هذه النسب المقدرة بنظيراتها عام 2010، حيث كان نصيب الوقود الأحفوري 80,6%، والطاقة النووية 2,7%، وكانت مساهمة الطاقة المتجددة تقارب 16,7%؛ يلاحظ أن هناك انخفاض في مستوى الاعتماد على الوقود الأحفوري بمقدار 2,3%، كما انخفضت نسبة الطاقة النووية بمقدار 0,2%، وهذا الانخفاض كان لصالح زيادة في مساهمة الطاقة المتجددة بنسبة 2,5% (REN, 2016: 28). ويُظهر الشكل التوضيحي التالي النسب المقدرة لمساهمة الطاقة المتجددة والوقود الأحفوري والطاقة النووية في الاستهلاك النهائي العالمي للطاقة بنهاية عام 2014، بالإضافة إلى بعض التفاصيل الأخرى.

شكل رقم (2 -1)

تقدير مكونات الاستهلاك النهائي للطاقة عالمياً نهاية عام 2014



Source: REN21, 2016 :28.

5- الأبعاد الاقتصادية للطاقة المتجددة عالمياً:

يتضح مما سبق أن هناك توجها عالمياً وإن كان بطيئاً نحو الطاقة المتجددة. وتتوقف عملية التحول هذه على عدة أبعاد، يأتي على رأسها تكاليف الطاقة المتجددة. فكلما انخفضت هذه التكاليف كلما زادت وتيرة التحول نحو الطاقة المتجددة. فضلاً عن أن دراسة تكاليف الطاقة المتجددة تمنح رؤية واضحة لمدى قدرة

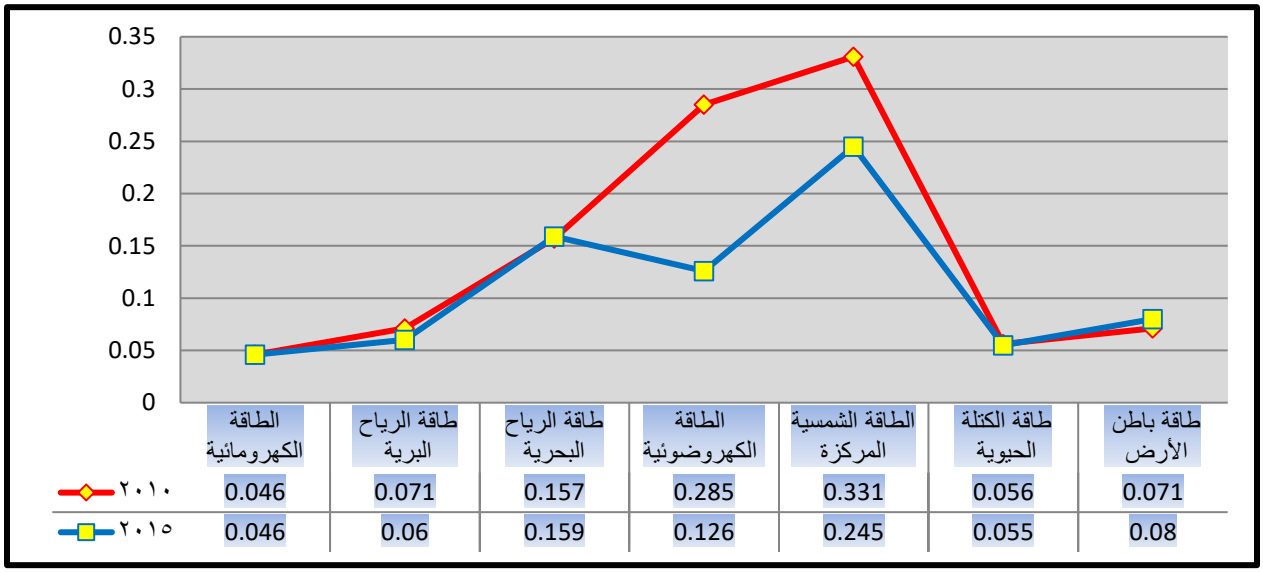
مصادر الطاقة المتجددة على منافسة الوقود الأحفوري. وتساعد في وضع السياسات المناسبة داخل قطاع الطاقة المتجددة، ومن ثم جذب مصادر التمويل المختلفة.

5-1 تكاليف استخدام الطاقة المتجددة عالمياً:

حدثت تطورات واضحة في التكلفة المقارنة لإنتاج الكهرباء لكل تكنولوجيات الطاقة المتجددة فيما بين عامي 2010 و 2015. ويتضح من الشكل التالي رقم (2-2) أن تكنولوجيات الطاقة الكهرومائية والرياح البرية والكتلة الحيوية والطاقة الحرارية الأرضية تقع في منطقة تكلفة الوقود الأحفوري المُقدرة بين (0,04 – 0,14) دولار/ كيلوات ساعة، ولحقت بها تكلفة الخلايا الكهروضوئية. وبالتالي، تعتبر تلك التقنيات منافساً قوياً للوقود الأحفوري. وما زالت تكلفة هذه التقنيات في انخفاض (عدا الطاقة الكهرومائية التي بقيت كما هي عند مستوى 0,046 دولار/ ك.و.س، وارتفعت فقط تكلفة الطاقة الحرارية الأرضية من 0,071 عام 2010 إلى 0,080 دولار/ ك.و.س عام 2015). ومع ذلك، تقع كلتاهما في منطقة تكلفة الوقود الأحفوري.

شكل رقم (2-2)

تطور متوسط التكلفة المقارنة لإنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة عالمياً في الفترة (2010 - 2015)



	الطاقة الكهرومائية	طاقة الرياح البرية	طاقة الرياح البحرية	الطاقة الكهروضوئية	الطاقة الشمسية المركزة	طاقة الكتلة الحيوية	طاقة باطن الأرض
٢٠١٠	0.046	0.071	0.157	0.285	0.331	0.056	0.071
٢٠١٥	0.046	0.06	0.159	0.126	0.245	0.055	0.08

المصدر: إعداد الباحث بالاستعانة ببيانات www.Irena.org

ومن خلال الشكل أيضاً يمكن ملاحظة الآتي:

أ- ارتفعت تكلفة إنتاج الكهرباء من طاقة الرياح البحرية بنسبة ضئيلة جداً بين عامي 2010 و 2015. وهي ما زالت أعلى من نظيرتها الأحفورية. ويرجع ذلك إلى ارتفاع التكلفة الرأسمالية لمعدات طاقة الرياح البحرية فضلاً عن ارتفاع مستويات المخاطر المحيطة بها، وصعوبة التوسع في نشرها على أعماق بعيدة.

ب- أكبر نسبة انخفاض في التكلفة كانت من نصيب تقنية الخلايا الشمسية، والتي دخلت مؤخراً في منطقة المنافسة مع الطاقة الاحفورية. حيث انخفضت تكلفة إنتاج الكهرباء منها بنسبة تزيد على 55% في

خمس سنوات فقط. ويتوقع مزيداً من الانخفاض نظراً للإمكانات الواسعة والتي تكاد تكون غير محدودة، وعدم حاجتها إلى تكاليف رأسمالية كبيرة بالمقارنة بغيرها، وتواضع التكلفة التشغيلية فضلاً عن توفرها بوحدات صغيرة تناسب كافة المنتجين.

ج- انخفضت أيضاً تكلفة الطاقة الشمسية المركزة بنسبة كبيرة تصل إلى 26% بين عامي 2010 و 2015. لكنها ما زالت بعيدة عن منافسة الوقود الأحفوري. وإذا استمرت في الانخفاض بنفس المعدل فيمكن أن تنافس الوقود الأحفوري خلال سنوات قليلة.

5-2 أبرز السياسات المطبقة لتنمية الطاقة المتجددة:

يلاحظ من تكاليف الطاقة المتجددة، أن الطاقة الشمسية المركزة والطاقة الكهروضوئية تحتاج إلى مزيد من الدعم. ويليها في الترتيب طاقة الرياح. ويوجد تفاوت نسبي بين الدول فيما يتعلق بالتكاليف، وكل منها يقوم باختيار السياسات الأنسب. ولكن، بشكل عام تعهدت أكثر من 20 دولة عام 2015 بمضاعفة التمويل الحكومي **للبحث والتطوير** في مجال تكنولوجيات الطاقة النظيفة تزامناً مع إطلاق مبادرة "رسالة الابتكار"[3] (the Mission Innovation initiative). وتتجلى أهمية الإنفاق على البحث والتطوير في أنه عام 1999، استحوذت أوروربا على 70% من القدرات المركبة عالمياً. وأُرجِع ذلك إلى إنفاق دول أوروبا بشكل مكثف على البحث والتطوير حتى بدأت قوى أخرى مثل الصين والهند في النمو. ويذكر أن تقنيات طاقة الرياح هي الأقل بين مجموعة الطاقة المتجددة من حيث تكاليف البحث والتطوير (Saidur et al, 2010: 3).

وقد طُبقت سياسة **تعريفة التغذية** لتحفيز إنتاج الكهرباء من الطاقة المتجددة. وقد اقتصر تطبيق تعريفة التغذية على تقنيات محددة مثل التوربينات الأقل حجماً أو الخلايا الكهروضوئية في البلدان ذات الأسواق الناضجة للطاقة المتجددة. وتم التحول بشكل تدريجي للمناقصات التنافسية لنشر التقنيات كبيرة الحجم مثل مشاريع طاقة الرياح البحرية. أما البلدان ذات الأسواق الأقل نضجاً فقد استمرت في استخدام تعريفة التغذية لمختلف التكنولوجيات. وقد ظهر التحول نحو المناقصات التنافسية بوضوح في ألمانيا. حيث أوقفت وزارة الطاقة الألمانية عام 2015 تعريفة التغذية لمشروعات الطاقة الكهروضوئية ذات القدرات من 0,5 إلى 10 م.و. واعتمدت في إنشائها على المناقصات التنافسية. واستخدمت كل من فرنسا وبولندا المناقصات التنافسية لمشروعات الطاقة المتجددة ذات حجم اكبر من 500 ك.و. وتم تنفيذ تعريفة التغذية لعدة تكنولوجيات في بعض الدول النامية مثل الجزائر، وإن كان هناك أسعار تفضيلية لصالح مشروعات الطاقة الكهروضوئية وطاقة الرياح ذات حجم 1 م.و أو أكثر.

ومن أبرز الدول التي طبقت سياسة **المناقصات التنافسية** دول مجموعة البريكس (BRICS). حيث ركزت الصين على تحفيز مشروعات الطاقة الكهروضوئية من خلال مناقصات تنافسية وصلت قدراتها إلى 1 ج.و. واستهدفت الهند تشجيع مشروعات طاقة الرياح البحرية من خلال مناقصات مختلفة. ولجأت البرازيل إلى طرح مناقصات عديدة لجميع تكنولوجيات الطاقة المتجددة مع التركيز على الطاقة الشمسية

[3] مبادرة عالمية أطلقها الإتحاد الأوروبى بالإشتراك مع 22 دولة أخرى لتشجيع الإبتكار في تكنولوجيات الطاقة النظيفة عام 2015.

وطاقة الرياح يليها الكتلة الحيوية (Ren21, 2016: 109-117). أما سياسة **الحصص الملزمة** فقد استُخدِمت أكثر على مستوى الولايات والمحافظات. وتستخدم جميع بلدان العالم تقريباً إما تعريفة التغذية أو الحصص. لكن مستوى التنمية في الدول التي استخدمت تعريفة التغذية أكبر من غيرها. حيث تعد تعريفة التغذية أكثر كفاءة لزيادة القدرات المركبة للطاقة المتجددة. وتكون سياسة الحصص أكثر إفادة في خفض انبعاثات الكربون وتحسين فائض الاستهلاك. ويكون الاختيار على أساس الآثار الخارجية لكل منها وعلى حسب أولويات كل دولة (Sun and Nie, 2015: 261). ومن أبرز السياسات المكملة عالمياً، سياسة **الحوافز الضريبية**. وقد استخدمت في الولايات المتحدة والهند والصين لدعم صناعة الطاقة المتجددة، بينما أوقفت اليابان بعض حوافز الطاقة المتجددة ضمن متطلبات تحرير سوق الكهرباء.

وبالنسبة لاستخدام الطاقة المتجددة في مجال التبريد والتدفئة. تكاد تقتصر هذه السياسات على استهداف **خيارات التدفئة الشمسية ذات الأحجام الصغيرة**، وتحديداً سخانات المياه الشمسية. ويعتبر السخان الشمسي أحد أشهر وأبسط تطبيقات الطاقة الشمسية، لذلك فهو يتلقى الدعم الأكبر تاريخياً. والملاحظ أيضاً أن تركيز هذه السياسات في الدول النامية يكون على القطاعين السكني والتجاري. وتستهدف الدول المتقدمة استخدام الطاقة المتجددة في التدفئة والتبريد للأغراض الصناعية. وأبرز الأمثلة على ذلك: تتحمل حكومة أستراليا 50% من تكاليف تركيب نظم إنتاج الحرارة بواسطة الطاقة المتجددة في القطاع الصناعي. وقامت فرنسا بمضاعفة ميزانية تكنولوجيات التدفئة من مصادر متجددة للقطاع الصناعي والسكني بداية عام 2015. ورغم انخفاض أسعار النفط عالمياً، لم تخفض تايلاند الحوافز المقدمة لتكنولوجيات التدفئة والتبريد باستخدام مصادر متجددة في القطاع الصناعي، بل قامت بوقف دعم الوقود الأحفوري المستخدم في إنتاج الحرارة لأغراض صناعية.

وفي قطاع النقل والمواصلات تستهدف السياسات غالباً إنتاج واستخدام الوقود الحيوي من الجيل الأول (الإيثانول والديزل الحيويين). وما زالت أشهر السياسات المستخدمة هي **مزج الوقود الحيوي بالوقود التقليدي بنسب معينة**. وتستهدف الدول النامية إدخال الوقود الحيوي إلى النقل البري فيما ارتقت سياسات الدول المتقدمة لتستهدف قطاع الطيران. ومثال ذلك: أعلنت مالاوى عن زيادة نسبة السيارات التي تعمل على الإيثانول إلى 20% عام 2020. وقد حدد الاتحاد الأوروبى نسبة 10% كحد أقصى لاستخدام الوقود الحيوي من الجيل الأول في قطاع النقل، وتقليل هذا الحد إلى 7% عام 2020، مع التحول نحو إنتاج الوقود الحيوي المتقدم. وعلى نفس النسق، خفضت الولايات المتحدة أهدافها من الوقود الحيوي (الجيل الأول) تمشياً مع الأهداف البيئية. وقامت إدارة الطاقة الأمريكية بتخصيص 18 مليون دولار لإنتاج الوقود الحيوي من الطحالب بهدف تخفيض تكاليف إنتاجه. ويرجع السبب في هذا التوجه الحديث إلى الجدل الدائر بخصوص التكاليف الخارجية لإنتاج الوقود الحيوي. وتحديداً أن انبعاثات الدورة الكاملة لإنتاج الوقود الحيوي من المحاصيل وفقاً لبعض التقديرات تلغى التأثير البيئي الإيجابي والناتج عن ترك الوقود الأحفوري. ومن جهة أخرى تؤدي زيادة إنتاج الوقود الحيوي إلى رفع أسعار المحاصيل الغذائية والأراضي.

وظهر دور الدولة في عدد من الدول النامية مثل الهند، التي تستهدف زيادة نسبة مزج الوقود الحيوي بالتقليدي إلى 20% عام 2017، حيث أصدرت شركة تسويق النفط المملوكة للدولة مناقصة لشراء 2,7 مليار

متر مكعب من الإيثانول الحيوي المحلي. ومن جهة أخرى، تم زيادة التمويل العام لدعم البحث والتطوير في مجال الوقود الحيوي المتقدم.

ومن أهم السياسات المؤثرة في مسيرة الطاقة المتجددة، ما يتعلق بدعم البديل الأحفوري. وتكاد تتفق دول العالم حالياً على أهمية إصلاح دعم الطاقة **(سياسة دعم الوقود الأحفوري)**. ويعكس هذا التوجه اعترافاً متزايداً بالآثار البيئية والاقتصادية والاجتماعية الضارة لهذا الدعم. ذلك أنه يترتب على الدعم إفراط وإساءة استخدام للوقود الأحفوري، مما يسبب ارتفاع مستوى تلوث الهواء المحلي، وزيادة انبعاثات غازات الدفيئة. ويفرض دعم الطاقة تكاليف مالية كبيرة. تتمثل هذه التكاليف في ارتفاع أعباء خدمة الدين العام، وزيادة معدلات الضرائب، وانخفاض الإنفاق العام على الصحة والتعليم والبنية التحتية. أي أنه يمثل عبئاً على النمو الاقتصادي أكثر مما يساهم فيه. وأخيراً، لم يُثبت دعم الطاقة فعاليته لذوى الدخل المنخفض، ويستفيد منه بشكل أكبر أصحاب الدخول المرتفعة.

وقد وصلت تقديرات دعم الطاقة عالمياً في عام 2015 إلى 5,3 تريليون دولار (ألف مليار) بنسبة 6,5% من الناتج المحلي العالمي. وذلك بعدما كان 4,9 تريليون دولار في عام 2013. أي أن دعم الطاقة قد زاد بنسبة تتخطى 8% خلال عامين فقط. وتقدر نسبة دعم الطاقة إلى الناتج المحلي في بعض الدول النامية في آسيا والشرق الأوسط وشمال إفريقيا ما بين (13- 18)%. ويُعتقد أن إلغاء هذا الدعم سيؤدي إلى زيادة الإيرادات الحكومية عالمياً بمقدار 2,9 تريليون دولار، وخفض الانبعاثات الكربونية بأكثر من 20%، وتقليل وفيات تلوث الهواء بأكثر من النصف (IMF, 2015: 5-6). ولا يتعلق الأمر بالتكاليف المادية والبيئية فقط. إذ لا يمكن إنكار صلة دعم الطاقة بأسعار عدد كبير جداً من السلع والخدمات. وقد يؤدي إلغاؤه ولو تدريجياً إلى موجات تضخمية كبيرة كما حدث في مصر نهاية عام 2016 على إثر عدد من الإجراءات أبرزها تعويم العملة وتخفيض دعم الطاقة. وتأتي هذه الإجراءات ضمن متطلبات الحصول على قرض من صندوق النقد الدولي. وبناءً عليه، ينبغي تحديد الأدوات المناسبة لتخفيض التكاليف الخارجية لدعم الطاقة. وتختلف هذه الأدوات ما بين الضرائب والأدوات التنظيمية، وأياً كانت الوسيلة المستخدمة ستكون هناك عواقب اجتماعية لا يمكن تلافيها إلا باستخدام ما تم توفيره من الدعم في خفض الضرائب أو زيادة الإنفاق العام الإنتاجي مع برامج اجتماعية تعويضية تستهدف الفئات منخفضة الدخل. أما إلغاء دعم الطاقة لمجرد تخفيف الأعباء المالية فلا يمكن قبوله.

ويمثل دعم الطاقة عائقاً كبيراً أمام تشجيع الاستثمارات في كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة، ويُعرّض البلدان لمخاطر تقلب أسعار الطاقة الدولية. وتبلغ تقديرات دعم الطاقة لعام 2015 حوالي 5300 مليار دولار، بما يساوى 20 ضعف قيمة الاستثمار في القدرات المركبة لإنتاج الطاقة المتجددة في نفس العام، والتي وصلت إلى 265 مليار دولار(Frankfurt School-UNEP, 2016: 31) . ولو وُجهت بعض مخصصات هذا الدعم نحو تنمية الطاقة المتجددة، سوف تحدث طفرة كبيرة في إنتاج الطاقة المتجددة. ولا يتوقف حجم العوائد الناتجة عن تخفيض دعم الطاقة على مقدار التخفيض نفسه، بقدر ما يتوقف على كيفية استخدام وفورات الدعم. فإذا استخدمت في إنفاق عام إنتاجي ستؤثر إيجابياً على الناتج المحلي بالإضافة إلى المجتمع والبيئة. وإذا استخدمت في الإنفاق على بدائل أخرى للطاقة سيكون أثرها إيجابياً أيضاً. أما إذا كان

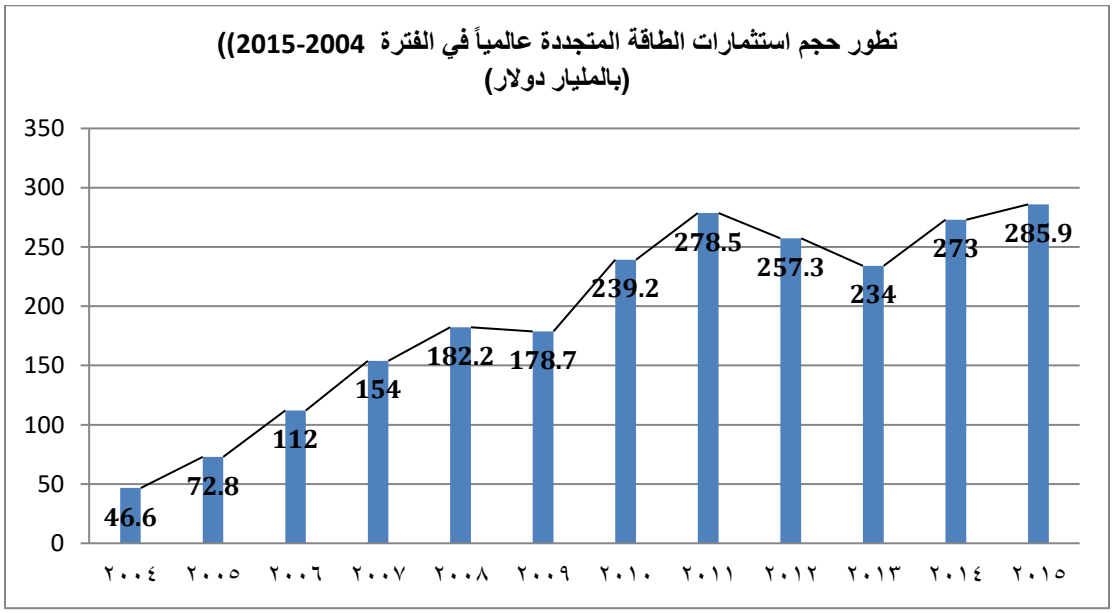
تخفيض الدعم لمجرد تخفيف الأعباء المالية دون برامج تعويضية أخرى فسيؤثر ذلك سلبياً من الناحية الاجتماعية والاقتصادية حتى وإن كان الأثر البيئي موجباً.

5-3 الاستثمار العالمي في الطاقة المتجددة ومصادر التمويل:

انخفض الاستثمار العالمي في الطاقة ككل بنسبة 8% عام 2015 ، حيث كان 1,8 بليون دولار (1800 مليار دولار) عام 2014، ويرجع ذلك إلى تراجع أسعار النفط الذي بدأ عام 2014. وقد كان ما يقرب من نصف هذا الانخفاض من نصيب الولايات المتحدة، حيث أدى تراجع أسعار النفط مؤخراً رغم الطفرة التي يشهدها الاقتصاد الأمريكي من نمو النفط والغاز الصخريين - إلى انخفاض الاستثمارات بشكل عام. وزادت استثمارات الصين في قطاع الطاقة عام 2015 لتصل إلى 315 مليار دولار بنسبة 17,5% من الاستثمار العالمي. وبذلك تحتل الصين المركز الاول على حساب الولايات المتحدة، التي انخفضت استثماراتها إلى 280 مليار دولار لتصبح نسبتها 15,5% من الاستثمار العالمي.

أما الاستثمار العالمي في الطاقة المتجددة فقد وصل عام 2015 إلى 313 مليار دولار وفقاً لوكالة الطاقة الدولية، وإلى 328,9 مليار دولار(شاملاً الطاقة الكهرومائية >50 م.و) وفقاً لوكالة "بلومبرج" للتمويل، وكذلك وفقاً للوكالة الدولية للطاقة المتجددة "ايرينا". وذلك كما في الشكل التالي رقم (2- 3)

شكل رقم (2- 3)



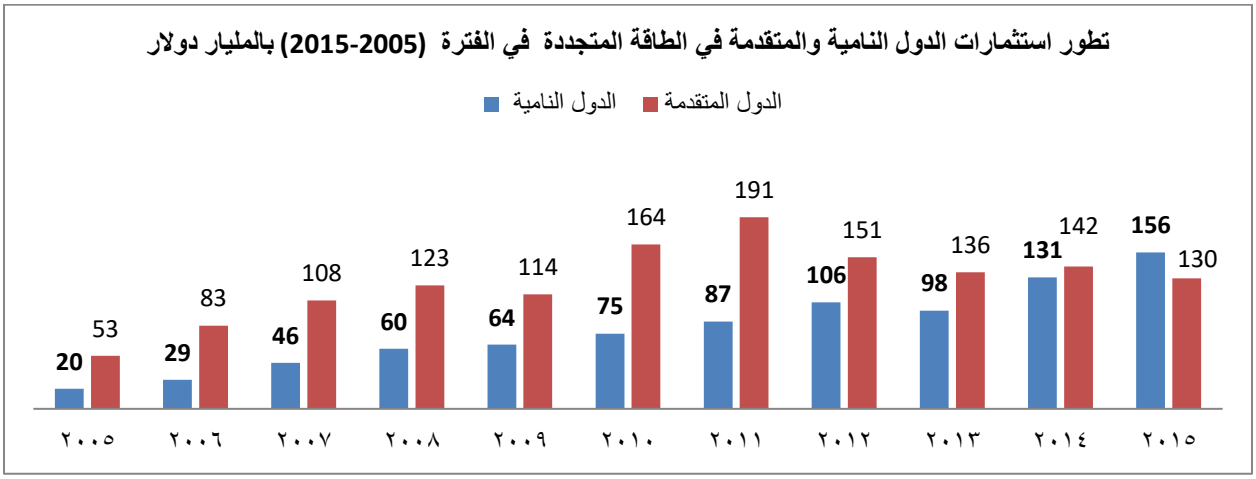
Source: www.irena.org

وتفضل الدراسة الاعتماد على أرقام "إيرينا" على اعتبار أنها الوكالة المتخصصة عالمياً في الطاقة المتجددة. ووفقاً لإيرينا، تُقدر استثمارات الطاقة المتجددة عام 2015 بـ 328,9 مليار دولار (شاملة الطاقة

الكهرومائية >50 م.و) أو ما نسبته 18,27% من إجمالي استثمارات الطاقة. وبدون الطاقة الكهرومائية الكبيرة تصبح 285,9 مليار دولار أو ما نسبته 15,9%.

وكما شهد عام 2015 أكبر زيادة في القدرات المركبة الطاقة المتجددة بين عامين، ساهمت الصين بنسبة أكبر من الولايات المتحدة في الاستثمار العالمي للطاقة المتجددة، حيث وصلت إلى 36%. وأصبحت استثمارات الدول النامية بما فيها الهند والصين والبرازيل أكبر من استثمارات الدول المتقدمة (الاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة واليابان). وقد زادت استثمارات العالم النامي بنسبة 19% عن عام 2014 لتصل إلى 156 مليار دولار مقابل 130 مليار دولار للعالم المتقدم، الذي انخفضت استثماراته في الطاقة المتجددة بنسبة تقارب 9% من عام 2014. ويتضح ذلك من خلال الشكل التالي رقم (2- 4).

شكل رقم (2 -4)



Source: Ren21, 2016: 29.

ومن بين الدول العشرة الأوائل على مستوى استثمارات الطاقة المتجددة، توجد ست دول نامية. وذلك كما في الجدول التالي:

جدول رقم (2-3)

ترتيب الدول العشرة الأوائل عالميا من حيث استثمارات الطاقة المتجددة عام 2015

الترتيب	الدولة	الترتيب	الدولة
1	الصين	6	ألمانيا
2	الولايات المتحدة	7	البرازيل
3	اليابان	8	جنوب افريقيا
4	المملكة المتحدة	9	المكسيك
5	الهند	10	تشيلي

المصدر: إعداد الباحث بالاعتماد على بيانات REN21, 2016: 25 .

وقد طورت الدول المتقدمة آليات متنوعة وكثيرة لتمويل الطاقة المتجددة على مدار العقود الثلاثة الماضية. ورغم ذلك لا يعتبر هذا التحول مفاجئاً نظراً للزيادة المستمرة في استهلاك الكهرباء في الدول النامية، وتمتع الدول النامية بإمكانات واسعة لإنتاج الطاقة المتجددة. وعلى الرغم من انخفاض استثمارات الطاقة المتجددة مقارنة بالوقود الأحفوري، الذي يستحوذ على 84% من إجمالي استثمارات الطاقة؛ إلا أن معدل نمو استثمارات الطاقة المتجددة عام 2014 وصل إلى 18% مقابل 7% لاستثمارات الوقود الأحفوري (Mazzucato and Semieniuk, 2017:1-2).

وفيما يتعلق بمصادر تمويل استثمارات الطاقة المتجددة، فقد مثلت القروض غالبية التمويل، وتحديداً من البنوك التجارية. ويأتي في المركز الثاني السندات وخاصة السندات الخضراء، التي شهدت في عام 2015 نمواً وصل إلى 28% مقارنة بعام 2014، حيث وصلت إلى 48 مليار دولار. أما ما دون البنوك التجارية والسندات الخضراء فكان المصدر الرئيس لتمويل الطاقة المتجددة مجموعة من البنوك الإقليمية في شكل قروض ميسرة مثل بنك الاستثمار الأوربى، الذي قدم قروضاً لمشروعات الطاقة المتجددة بمقدار 3,4 مليار دولار عام 2015، وهي أقل بنسبة 42% عن عام 2014. كذلك قام بنك التنمية الألماني بتقديم قروض مجموعها 4,9 مليار دولار بزيادة بسيطة تصل إلى 9,3% عن عام 2014. وعند مقارنة ذلك بنسبة 85% وهي نسبة الزيادة في قروض بنك التنمية البرازيلي عام 2015، يتضح مدى الاهتمام بالطاقة المتجددة من جانب واحدة من أبرز دول العالم النامي، رغم أن القيمة المطلقة لقروض البنك البرازيلي هي 1,8 مليار دولار فقط. ويتميز المستثمرون المؤسسيون مثل شركات التأمين وصناديق التقاعد بالتحفظ والنفور من المخاطر، ولذلك وقفت استثماراتها في الطاقة المتجددة عند 1,1 مليار دولار عام 2014.

وليس لكل مصادر التمويل نفس التأثير على نمو الطاقة المتجددة. إذ أن انتشار نوع معين من أنواع التمويل يؤدي إلى نمو أحجام أو تقنيات بعينها ذات مخاطر محددة. وقد أدى التمويل الحكومي إلى التوسع في المشروعات الكبيرة على حساب المشروعات المتوسطة والصغيرة، وتحديداً مشروعات طاقة الرياح عالمياً بفضل انخفاض تكلفتها. وهو ما يتناسب مع خصائص التمويل الحكومي الذي يتجنب مزيداً من الدعم، حتى ولو كان للطاقة المتجددة (Mazzucato and Semieniuk, 2017: 3).

6- الآثار الاقتصادية للطاقة المتجددة:

عند تقييم آثار التحول نحو الطاقة المتجددة على المستوى العالمي لابد من أمرين، الأول هو: معرفة الدوافع التي كانت المحرك الأساسي لعملية التحول وبناء التقييم عليها. والأمر الثاني: محاولة التركيز على إيجابيات الطاقة المتجددة التي ثبتت بالأرقام، وذلك حتى يكون التقييم أكثر دقة. ورغم تعدد دوافع التحول نحو الطاقة المتجددة وتنوعها إلا أنها تصب بالنهاية في اثنين فقط هما: مشكلة محدودية الوقود الأحفوري وقرب نضوبه بالنسبة للدول الغنية بموارده، وتقلبات الأسعار وتهديدات أمن الطاقة بالنسبة للدول المستوردة له. والدافع الثاني هو الحد من الانبعاثات المسببة لتغير المناخ. وكلا الدافعين يرتبط بالآخر بشكل وثيق، بحيث أن الانطلاق من أحدها سوف يفضى في النهاية إلى الآخر. وبناءً عليه، يُفترض بالطاقة المتجددة أن تساعد في علاج هاتين المشكلتين بالدرجة الأولى. وما غير ذلك يليها في الأهمية.

6-1 الوقود الأحفوري والانبعاثات:

يكمن حل مشكلة الانبعاثات في تقليل الاعتماد على مصادر هذه الانبعاثات. وأحد أهم هذه المصادر احتراق الوقود الأحفوري. ويعتبر الوقود الأحفوري وراء ما يقرب من 90% من الانبعاثات الكربونية. وداخل مجموعة الوقود الأحفوري يعتبر الفحم هو المسئول عن 46% من إجمالي الانبعاثات. وأغلبها يأتي من محطات الطاقة التي تعمل بالفحم (31%). وتأتي الـ (15%) الباقية من احتراق الفحم في الصناعة. وقد قُدر حجم الانبعاثات عالمياً بسبب احتراق الوقود الأحفوري عام 2013 بـ 32190 مليون طن مكافئ Co_2. وهي مقسمة كما يلي:

جدول رقم (2-4)

حجم ونسب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون عالمياً نتيجة احتراق الوقود الأحفوري عام 2013

دول العالم	**إجمالي الانبعاثات**	الفحم	النفط	الغاز الطبيعي	أنواع أخرى	**إجمالي**	الفحم	النفط	الغاز الطبيعي	أنواع أخرى
	حجم الانبعاثات بـ (مليون طن مكافئ Co_2)					**نسبة الانبعاثات إلى الإجمالي (%)**				
إجمالي القطاعات	**32190**	**14796**	**10825**	**6381**	**175**	**%100**	**%46**	**%33,6**	**%19,8**	**%0,5**
إنتاج الكهرباء	**13656**	9887	887	2753	128	**%42**	%31	%3	%9	%0
الصناعة التحويلية	**6115**	3867	983	1223	42	**%19**	%12	%3	%4	%0
النقل البرى	**5547**	--	5464	83	--	**%17**	--	%17	%0	--
باقي أنواع النقل والقطاعات السكنية وغيرها	**6872**	1043	3490	2321	6	**%21**	%3	%11	%7	%0

المصدر: إعداد الباحث بالاستعانة بـالجدول الوارد في Olivier et al, 2016: 35.

ويصل نصيب مجموعة الـ 20 من هذه الانبعاثات إلى 82%. والنسبة الباقية موزعة على باقي دول العالم. وعلى رأس مجموعة الـ 20 تأتي الصين بحجم انبعاثات يصل إلى 8909 مليون طن مكافئ Co_2 (نسبة 27,7%)، تليها الولايات المتحدة بمقدار 5120 مليون طن مكافئ Co_2 (نسبة 15,9%)، ثم الاتحاد الأوروبى والهند بأحجام انبعاثات 3340، 1869 مليون طن مكافئ Co_2 (ونسبتهما 10,4%، 5,8% على التوالى). ويرجع السبب في ارتفاع حجم انبعاثات الصين إلى أمرين هما: ارتفاع معدلات النمو الاقتصادي، وزيادة استهلاك الفحم لتلبية الطلب على الطاقة. وتعتبر الصين حالياً أكبر منتج ومستهلك للفحم في العالم. ويجب على الصين أن تعمل في أكثر من اتجاه للسيطرة على انبعاثات الوقود الأحفوري دون التأثير على النمو الاقتصادي، وبما يتفق مع اعتبارات التنمية المستدامة. ومن بين هذه الاتجاهات الاستثمار في تحسين كفاءة الطاقة، وتغيير مزيج الوقود نحو طاقة نظيفة ومستدامة (Olivier et al, 2016: 35-36).

6-2 الطاقة المتجددة وتخفيف الانبعاثات:

حدث تباطؤ في معدل نمو الانبعاثات خلال السنوات الأخيرة، حيث بلغ 2% عام 2013، و 1,1% عام 2014. وتراجع حجم الانبعاثات لأول مرة عام 2015 بنسبة 0,5%. وهذا التباطؤ لم يكن عشوائياً ولم يرتبط بتباطؤ نمو الناتج العالمي، الذي استمر عند 3%. وإنما كان نتاج تغيرات هيكلية نحو الاقتصاد منخفض الكربون في مجموعة دول مثل الصين والولايات المتحدة وغيرها، الأمر الذي انعكس على هيكل استهلاك الطاقة الأولية. وقد زاد الاستهلاك العالمي من الطاقة الأولية بنسبة 0,97% فقط عام 2015، مقابل 1,15% عام 2014، و 1,99% عام 2013. وذلك على الرغم من انخفاض أسعار الوقود الأحفوري إلى أقل من 50 دولار للبرميل عام 2015، وأقل من 40 دولار عام 2016. ليس هذا فحسب، بل إن نصيب الوقود الأحفوري في مزيج الطاقة عالمياً يسير في اتجاه نزولى وإن كان بطيئاً. فقد انخفض من 87,48% عام 2005 إلى 87,02% عام 2010، ثم إلى 85,98% عام 2015. وداخل مجموعة الوقود الأحفوري تراجع نصيب الفحم من 30,04% عام 2014 إلى 29,21% عام 2015، وزاد استخدام النفط والغاز الطبيعي بنسب ضئيلة للغاية. ويتوقع استمرار نسبة الوقود الأحفوري في الانخفاض بعد اتفاق باريس للمناخ (Bp[4], 2016: 41).

هذا، وقد كان تراجع نسبة الوقود الأحفوري في إجمالي **استهلاك الطاقة الأولية** لصالح نمو الطاقة المتجددة من 6,81% عام 2005 إلى 7,83% عام 2010 ثم إلى 9,75% عام 2015. مما يؤكد أن تراجع معدلات نمو الانبعاثات لا يرجع إلى انخفاض مؤقت لنسبة الوقود الأحفوري، وإنما زيادة نسبة الطاقة المتجددة على حساب الوقود الأحفوري، وذلك لاستيعاب النمو المستمر في الطلب على الطاقة. ويؤكد ذلك أيضاً أن نصيب الطاقة النووية لم يرتفع في نفس الفترة، وإنما انخفض من 5,73% عام 2005 إلى 5,14% عام 2010 ثم إلى 4,44% عام 2015. بطريقة أخرى، بلغ معدل الزيادة في استهلاك الطاقة الأولية إجمالاً بين عامي 2005 و 2010 حوالي 11,35%. وقد تم الحصول عليها من مصدرين فقط هما: الوقود الأحفوري بنسبة 83,12%، والطاقة المتجددة بنسبة 16,88%. أما الطاقة النووية فقد تراجعت بنسبة 0,1%، وتم تعويضها بالطاقة المتجددة. وفيما بين عامي 2010، و2015 كانت نسبة الزيادة في استهلاك الطاقة الأولية 7,93% (أقل من الزيادة السابقة). وقد تم الحصول عليها من نفس المصدرين: الوقود الأحفوري ولكن بنسبة 73,04%، والطاقة المتجددة بنسبة 26,44%. وأيضاً تم تعويض التراجع في الطاقة النووية بالطاقة المتجددة[5].

وبناءً عليه، فقد تراجعت معدلات النمو في استهلاك الطاقة الأولية ككل، رغم عدم وجود انخفاض في معدلات النمو الاقتصادي عالمياً، وانخفاض أسعار النفط. ويدل ذلك على اتجاه نحو فصل الطاقة عن النمو الاقتصادي. ومن ثم فصل النمو الاقتصادي عن انبعاثات Co_2. ولم تقترن زيادة نمو الطاقة المتجددة على حساب الوقود الأحفوري بانخفاض معدلات النمو الاقتصادي، وإنما اقترنت بانخفاض الانبعاثات. وهذا يعني أن الطاقة المتجددة تصلح كبديل للوقود الأحفوري وانبعاثاتها لا تقارن به. وأخيراً، تراوحت معدلات النمو في استهلاك الوقود الأحفوري بين عامي 2005 و 2011 ما بين 2,36% كحد أدنى و4,93% كحد أقصى. ولم تخرج عن هذا النطاق إلا في عامي الأزمة المالية العالمية. ومنذ عام 2012 حتى عام 2015، كان

[4] BP= British Petroleum شركة النفط البريطانية الكبرى. وتعتبر ثالث أكبر شركة نفط خاصة في العالم.
[5] لمزيد من المعلومات يمكن الرجوع إلى الجدولين (أ، ب) فى ملاحق الدراسة.

أقصى معدل لنمو استهلاك الوقود الأحفوري 1,59% ووصل إلى أدنى مستوياته 0,73% عام 2014. ويؤكد ذلك وجود اتجاه تنازلي لمعدلات السحب من الوقود الأحفوري على المستوى المطلق، وليس تراجع نسبته فقط في مزيج استهلاك الطاقة الأولية.

6-3 الطاقة المتجددة وتوفير فرص العمل:

ساهمت الطاقة المتجددة عالمياً في توفير ما يقرب من 8,1 مليون فرصة عمل في عام 2015 مقابل 7,7 مليون فرصة عمل عام 2014، بمعدل نمو 5,2%. والجدول التالي يوضح هيكل فرص العمل للطاقة المتجددة عالمياً:

جدول رقم (2-5) تطور هيكل وظائف الطاقة المتجددة عالمياً في الفترة (2012- 2015) بـ (ألف فرصة عمل)

السنة	طاقة الرياح	الطاقة الشمسية	الكهرومائية الصغيرة	الكتلة الحيوية	الطاقة الحرارية الأرضية	طاقة الأمواج	الإجمالي بـ (مليون فرصة عمل)
2012	753	2289	109	2398	180	--	5,7
2013	834	2819	156	2499	184	4	6,5
2014	1027	3281	209	2991	154	4	7,7
2015	1081	3725	204	2882	160	3,7	8,1

المصدر: إعداد الباحث بالاستعانة ببيانات www.Irena.org

وترجع هذه الزيادة في فرص العمل إلى الاستثمارات الجديدة في الطاقة المتجددة، التي تحفز النشاط الاقتصادي والعمالة، مثلما تخفف من حدة تغير المناخ وتقلل فواتير استيراد الوقود الأحفوري، وذلك رغم وجود تكاليف إضافية لدعم الطاقة المتجددة. وتؤدي استثمارات الطاقة المتجددة في الأجل القصير والمتوسط إلى توفير فرص عمل تعادل ثلاثة أضعاف استثمارات إنتاج واستخراج الوقود الأحفوري. وتحديداً، يُوفر كل مليون دولار يُنفق على الطاقة المتجددة حوالي 7,49 فرصة عمل دائمة، بينما يوفر 2,65 فرصة عمل فقط في حالة إنفاقه على الوقود الأحفوري. ويرجع ذلك إلى أن إنتاج واستخراج الوقود الأحفوري يعتبر من أكثر الأنشطة كثافة في رأس المال وارتباطاً بالعالم الخارجي. بينما تخلق الطاقة المتجددة روابط أمامية وخلفية داخل قطاعات الاقتصاد المحلي. ويرتبط بها عمليات بناء وتركيب فضلاً عن خدمات التشغيل والصيانة المستمرة، الأمر الذي يجعلها ذات كثافة أعلى في عنصر العمل. وهذا في المدى القصير والمتوسط فقط لأنه في المدى الطويل قد تتطور صناعات وخدمات الطاقة المتجددة لتصبح أكثر ميكانيكية وأكثر كثافة في رأس المال (Peltier, 2017: 439). وبناءً عليه، إذا كان خفض دعم الوقود الأحفوري لقطاع الصناعة سيؤدي إلى خفض أرباح الصناعة القائمة لكنه لن يؤثر على الإنتاج والعمالة، فلم لا يتم الاستفادة من وفورات الدعم للاستثمار في الطاقة المتجددة وتوفير فرص عمل إضافية في الدول التي تعاني من ارتفاع معدلات البطالة.

وبالعودة إلى الوظائف، يلاحظ أن عدد وظائف الطاقة المتجددة لا يتوقف على حجم الاستثمار فقط، وإنما يتحدد أيضاً بالدوافع الأساسية للتحول نحو الطاقة المتجددة. فإذا كان الدافع هو الحد من استيراد الوقود الأحفوري، وتأمين إمدادات مستقرة للطاقة، وتقليل تلوث الهواء المحلي؛ فهذا يعني أن التوجه نحو الداخل.

وأن صادرات الطاقة المتجددة لا تحظى بنفس الاهتمام مثل السوق المحلي. وهنا يكون الأثر على العمالة إيجابياً. أما إذا كان الدافع الأساسي للتحول هو الاستحواذ على نصيب أكبر في الأسواق الدولية للطاقة المتجددة؛ فهذا يعني إعطاء أهمية أكبر للتصدير واستهداف أسواق أكثر اتساعاً. وهنا يكون الأثر الصافي على العمالة إيجابياً بشكل أكبر بالمقارنة بالحالة الأولى. وهو ما يفسر استحواذ الصين بمفردها على 44% من وظائف الطاقة المتجددة عالمياً (Lehr et al, 2012: 2-7).

المبحث الثاني

اقتصـــاديـات الطـــاقة المتجـددة في ألمـــانيا

"مشاركة المواطنين"

بدأت ألمانيا التفكير في استخدام الطاقة المتجددة بعد أزمة ارتفاع أسعار النفط في السبعينات. وطوال الفترة من عام 1970 حتى عام 1990، زاد الاعتماد على الطاقة النووية وظلت الطاقة المتجددة قيد المناقشة. ومع بداية التسعينات اكتسبت الطاقة المتجددة توافقاً سياسياً واسعاً، وتم اعتماد أول قانون خاص بها عام 1990. ويتضمن ذلك القانون تعريفة تغذية لمنتجي الكهرباء من كل تقنيات الطاقة المتجددة. ورغم ذلك استمر الاعتماد على الطاقة النووية وزادت واردات الوقود الأحفوري. ولم تحقق الطاقة المتجددة نمواً ملحوظاً حتى عام 2000، الذي تم فيه إجراء تعديلات جوهرية على القانون السابق، وسُمّي بقانون مصادر الطاقة المتجددة. ويعرف اختصاراً بقانون الطاقة المتجددة (EEG). وتتمثل الخطوط العريضة للقانون الذي يعتبر نقطة التحول الحقيقية نحو الطاقة المتجددة فيما يلي(IRENA, 2015: 21) :

أ- تتمتع مصادر الطاقة المتجددة بالأولوية في الاتصال بشبكة الكهرباء، وتحظى الكهرباء المتجددة بالأولوية في النقل والتوزيع.

ب- يتم دفع قسط ثابت لكل كيلووات ساعة من الكهرباء المتجددة وفق نظام التعريفة. و يحق للمنتجين البيع مباشرة للسوق حال ارتفاع السعر.

ج- تُحدد التعريفة بناءً على تكلفة إنتاج الطاقة ونوع التكنولوجيا وحجم المشروع، لمنع الإفراط في دعم التقنيات الرخيصة وتركيز الدعم على التقنيات الجديدة.

د- يتحمل المستهلكون تكلفة إضافية نتيجة استهلاك الطاقة المتجددة. وتتمثل فيما يضاف على قيمة التعريفة لتصبح أعلى من سعر السوق.

وفي عام 2014، تم التحول من نظام تعريفة التغذية إلى نظام المناقصات بسبب تراجع استثمارات الطاقة الكهروضوئية بشدة في السنوات الأخيرة.

1- أهداف الطاقة المتجددة:

يعتبر إنتاج الكهرباء هو الاستخدام الأساسي للطاقة المتجددة، ولذلك توضع له أهداف منفصلة. وفي الجدول التالي، يلاحظ أن ألمانيا تستهدف الوصول بالطاقة المتجددة إلى نسبة 18% على الأقل من الاستهلاك النهائي للطاقة بحلول عام 2020، ونسبة 45% على الأقل من إنتاج الكهرباء بحلول عام 2025.

جدول رقم (2-6) أهداف الطاقة المتجددة في ألمانيا حتى عام 2050

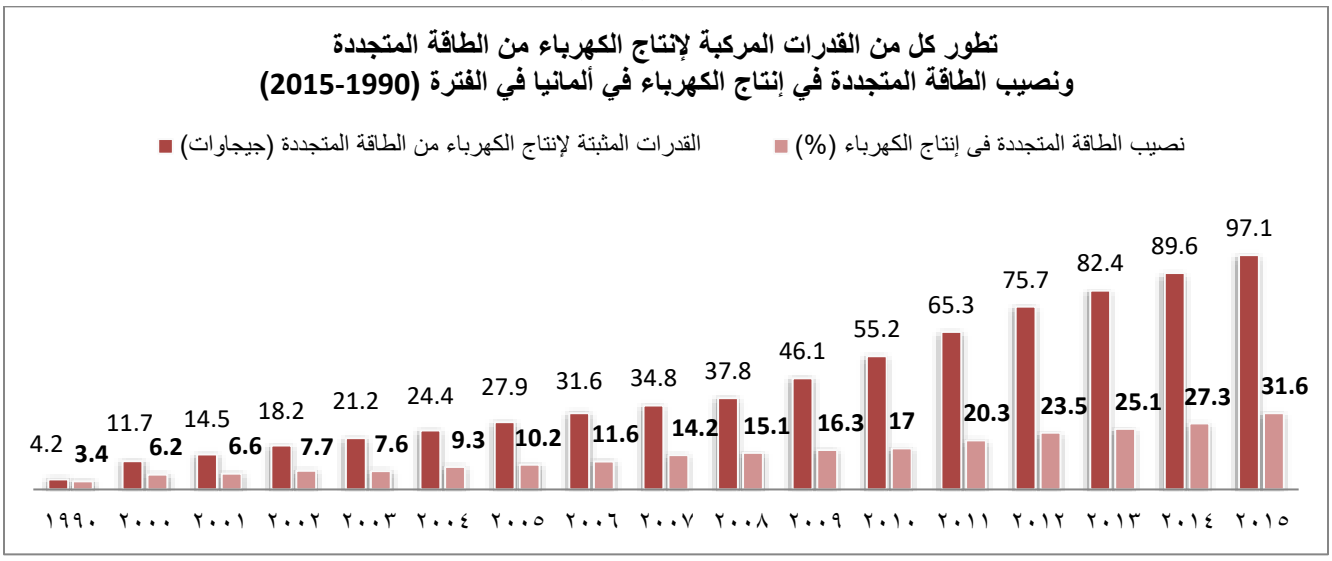
السنة	نصيب الطاقة المتجددة في الاستهلاك النهائي للطاقة
2020	18% على الأقل
2030	%30
2040	%45
2050	%60
السنة	**نصيب الطاقة المتجددة في إنتاج الكهرباء**
2025	%50-45
2035	%60-55
2050	80% على الأقل

Source: Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi), 2016: 6.

2- تطور القدرات المركبة، ونصيب الطاقة المتجددة في إنتاج الكهرباء:

خلال فترة القانون الأول للطاقة المتجددة، زاد حجم القدرات المركبة لإنتاج الكهرباء من الطاقة المتجددة في ألمانيا من 4,2 ج.و عام 1990 إلى 11,7 ج.و عام 2000 (بمقدار 7,5 ج.و في 10 سنوات كاملة). لكن في السنوات العشر التالية لعام 2000، وبعد وضع قانون مصادر الطاقة المتجددة، زادت القدرات المركبة لتصل إلى 55,2 ج.و عام 2010 (زيادة قدرها 43,5 ج.و، وتقارب ستة أضعاف الزيادة السابقة)، ثم زادت القدرات المركبة لتصل إلى 97,1 ج.و عام 2015. وتحتل ألمانيا بذلك المرتبة الثالثة عالمياً بعد الصين والولايات المتحدة. وعلى نفس الوتيرة، بدأ نصيب الطاقة المتجددة في إنتاج الكهرباء بنسبة 3,4% عام 1990 ليصل إلى 6,2% فقط عام 2000، وبعدها زادت نسب استخدام الطاقة المتجددة في إنتاج الكهرباء لتصل إلى 17% عام 2010، ثم 31,6% عام 2015. ويظهر ذلك من خلال الشكل التالي:

شكل رقم (2 -5)

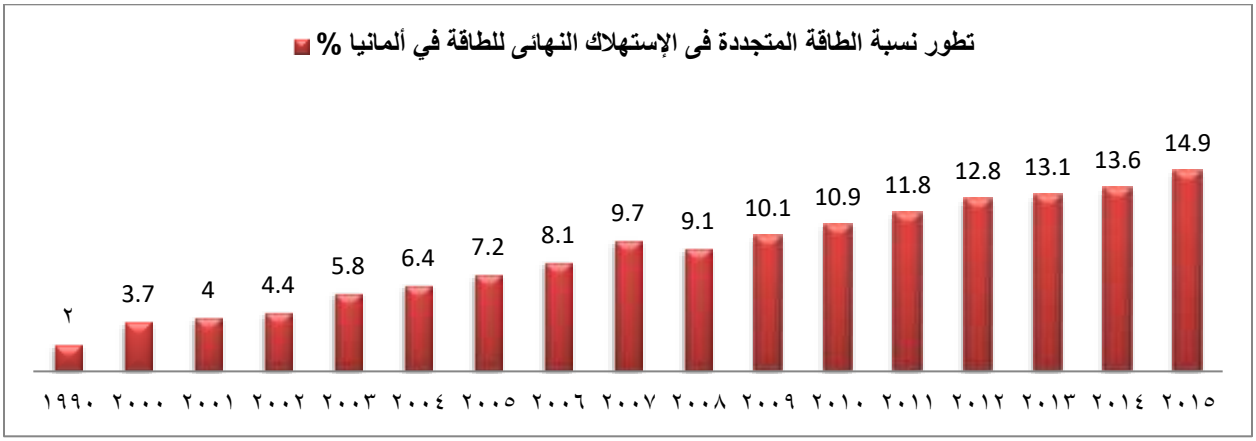


Source: BMWi, 2016: 11.

3 مزيج استهلاك الطاقة النهائية:

ارتفع نصيب الطاقة المتجددة في الاستهلاك النهائي للطاقة من 2% عام 1990 إلى 3,7% عام 2000. أي أن نصيب الطاقة المتجددة من إجمالي الاستهلاك النهائي للطاقة قد زاد بنسبة 1,7% طوال عشر سنوات كاملة. وبعد عام 2000، زاد نصيب الطاقة المتجددة في الاستهلاك النهائي للطاقة إلى 10,9% في العشر سنوات التالية. ولم تتراجع هذه النسبة إلا عام 2008 تحت تأثير الأزمة المالية العالمية. بعدها، استمرت نسبة الطاقة المتجددة في الزيادة حتى بلغت 13,6% عام 2014. ثم وصلت إلى 14,9% خلال الربع الأول من عام 2015.

شكل رقم (2- 6)



Source: (BMWi), 2016: 8.

وفقاً لما سبق، تستهدف ألمانيا زيادة حصة الطاقة المتجددة في الاستهلاك النهائي للطاقة إلى 18% بحلول عام 2020. وقد وصلت بالفعل إلى 14,9% عام 2015، وبالتالي، فهي تحتاج إلى معدل نمو سنوي لا يقل عن 0,62% سنوياً. وبالنظر إلى شكل رقم (2- 6) نجد أن ألمانيا قد حققت هذا المعدل وأكثر منه في سنوات سابقة، وبالتالي فهي تسير على الطريق الصحيح نحو تحقيق هذا الهدف. وتستهدف الحكومة الألمانية كذلك زيادة حصة الطاقة المتجددة في إنتاج الكهرباء إلى 45% على الأقل بحلول عام 2025. أي أنها تحتاج إلى معدل نمو سنوي لا يقل عن 1,34%. وبالنظر إلى شكل رقم (2- 5) نجد أن هذا المعدل من الممكن تحقيقه بسهولة في السنوات العشر القادمة. وما يجعل تحقيق هذه الأهداف ممكناً في ألمانيا بالتحديد هو وجود البيئة الاقتصادية المناسبة لنمو الطاقة المتجددة، والتي كان لها تأثير كبير في نشر الطاقة المتجددة وتحسين اقتصادياتها.

4- الأبعاد الاقتصادية للطاقة المتجددة:

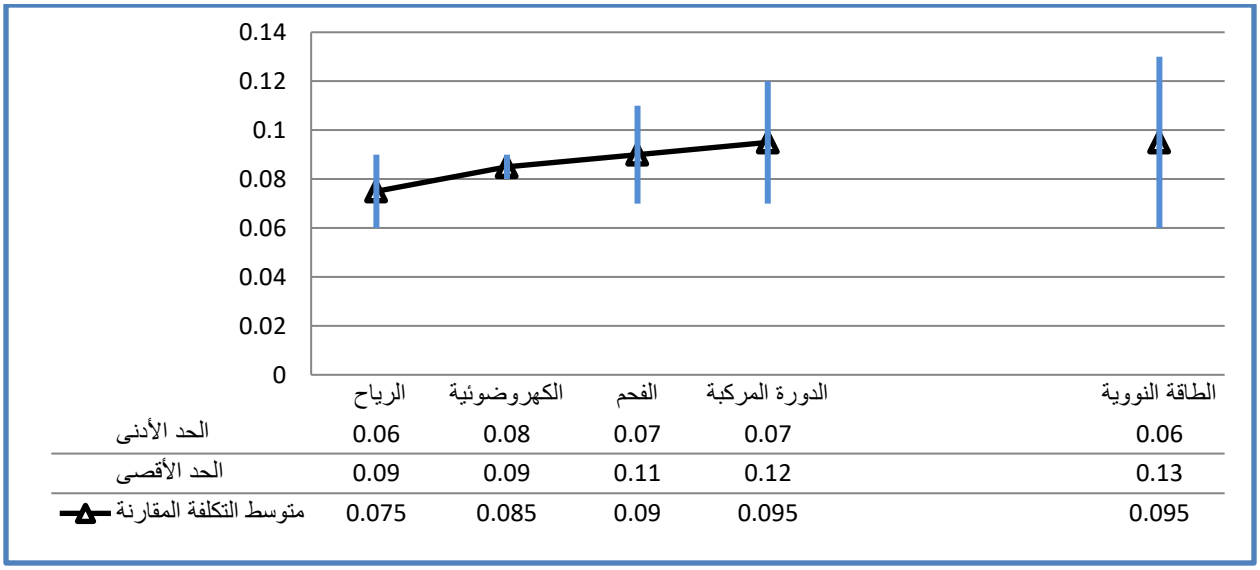
4-1 تكاليف استخدام الطاقة المتجددة:

يفرض قانون الطاقة المتجددة بعض التكاليف التي يمكن تسميتها بالتكلفة الإضافية (Surcharge cost)، وهي تختلف عن التكلفة المقارنة (LCOE). حيث أن تكلفة LCOE هي تكلفة إنتاج الكهرباء من التقنيات المختلفة للطاقة المتجددة، وهي التي في معرض المنافسة مع الوقود الأحفوري والطاقة النووية. كما أنها

المحدد الأساسي لسعر الكهرباء في السوق. أما التكلفة الإضافية فهي عبارة عن قسط إضافي تدفعه مرافق الكهرباء فوق تعريفة التغذية لتصبح أعلى من سعر الكهرباء في السوق. ويتحمل المستهلكون الألمان هذه التكلفة طوعاً من دخولهم الخاصة بدافع أهمية التحول نحو الطاقة المتجددة. ويُعفي منها بعض الشركات كثيفة استخدام الطاقة التي تنافس دولياً، وخطوط السكك الحديدية. وتوجد علاقة وثيقة بين التكلفة الإضافية والتكلفة المقارنة، ذلك أن زيادة التطور في تقنيات الطاقة المتجددة كالألواح الكهروضوئية في ألمانيا، يؤدي إلى انخفاض أسعار التركيب، ومن ثم انخفاض التكلفة المقارنة، الأمر الذي يستدعي بالضرورة خفض تعريفة التغذية وخفض التكلفة الإضافية، إذ يتوقع انخفاض أسعار الكهرباء في السوق. وقد حدث ذلك عام 2011.

ويلاحظ من خلال الشكل رقم (2- 7) أن التكلفة المقارنة لطاقة الرياح البرية تتراوح بين 0,06 و 0,09 يورو لكل ك.و.س. وهي أقل التكنولوجيات حتى بالمقارنة مع الفحم الذي هو أرخص مصادر الطاقة على الإطلاق. وتتراوح تكلفة إنتاج الفحم بين 0,07 و0,11 يورو لكل كيلووات/ساعة. وبالمقارنة مع توربينات الغاز ذات الدورة المشتركة (Gas CCGT)، يلاحظ أن التكلفة المقارنة لأفضل خيارات الوقود الأحفوري تتراوح ما بين 0,07 و 0,12 يورو لكل كيلووات/ساعة. وبالتالي فإن تكلفة طاقة الرياح البرية تتفوق على تقنيات الوقود الأحفوري في ألمانيا. ونفس الأمر ينطبق على مشاريع الطاقة الكهروضوئية الكبيرة التي تتراوح التكلفة المقارنة لها ما بين 0,08 و 0,09 يورو لكل كيلووات/ساعة. وتعتبر الطاقة النووية عالمياً منافساً قوياً للطاقة المتجددة الألمانية، حيث تتراوح التكلفة المقارنة للطاقة النووية ما بين 0,06 و 0,13 يورو لكل كيلووات/ساعة. لكن الحكومة الألمانية سبق أن حددت عام 2022 لإغلاق آخر محطاتها النووية.

شكل رقم (2- 7) التكلفة المقارنة لإنتاج الكهرباء من تقنيات مختلفة في ألمانيا عام 2015 (يورو/كيلووات ساعة)

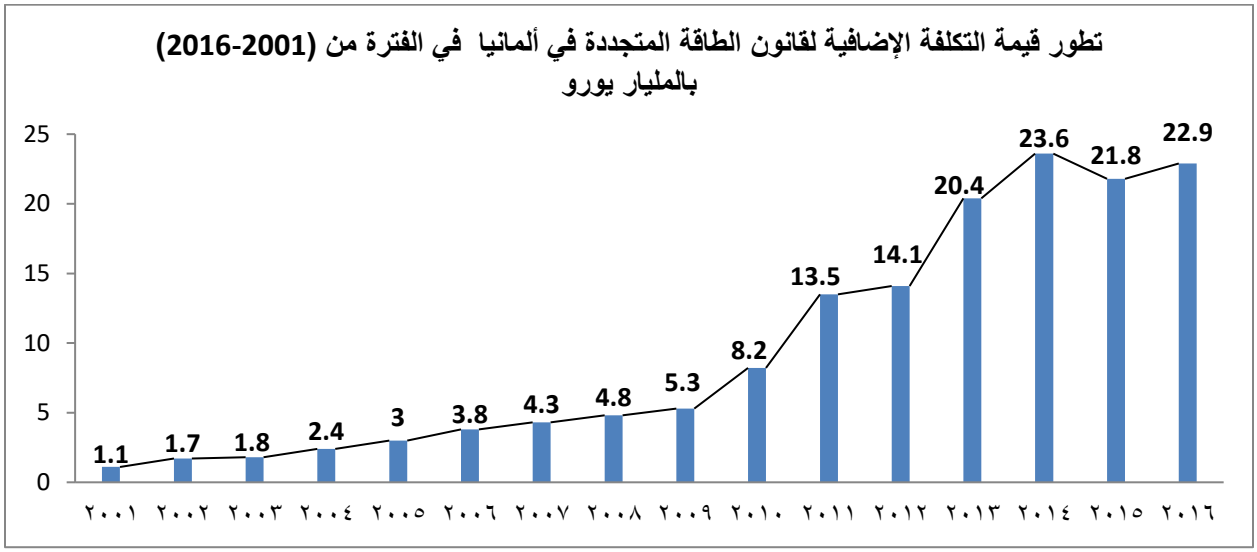


Source: Graichen, 2015: 20.

أما إجمالي التكلفة الإضافية فقد سجلت أول قيمة لها عام 2001، فبلغت 1,1 مليار يورو، كما في الشكل التالي رقم (2- 8). وهي ترتفع بمعدلات قليلة منذ ذلك الوقت حتى عام 2009، الذي وصلت فيه إلى 5,3

مليار يورو. أي أن متوسط معدل النمو في السنوات الثمانية تخطى النصف مليار يورو بقليل. وفي عام 2010 زادت التكلفة الإضافية إلى 8,2 مليار يورو ثم إلى 13,5 مليار يورو عام 2011. وترجع هذه الزيادة إلى التوسع في استثمارات طاقة الرياح البحرية. بعد ذلك، كانت هناك زيادة بسيطة لعام 2012، ويرجع سببها إلى انخفاض تكلفة تركيب الأنظمة الكهروضوئية، الأمر الذي أدى بالحكومة إلى خفض تعريفة التغذية في ظل توقعات بزيادة استثمارات الطاقة الكهروضوئية وهو ما لم يحدث. ثم وصلت التكلفة الإضافية إلى ذروتها 23,6 مليار يورو عام 2014 ومن بعدها إلى 21,8 و 22,9 مليار يورو عامي 2015 و2016 متأثرة بالنمو الملحوظ في طاقة الرياح البرية والبحرية والتي وصلت استثماراتها معاً عام 2015 إلى 9,7 مليار يورو.

شكل رقم (2 -8)



Source: BMWi, 2016: 25.

ويلاحظ في كلا النوعين من التكاليف، أنه لم يتم دمج الآثار البيئية والاجتماعية للطاقة المتجددة بشكل مباشر. ولكن يمكن اعتبار أن التكلفة الإضافية بمثابة دعم يقدمه المجتمع للطاقة المتجددة مقابل الوفورات الخارجية الإيجابية لها، والتخلي عن الطاقة النووية له نفس الأثر. على كلٍ، وحتى دون إدخال الآثار البيئية والاجتماعية للوقود الأحفوري في تسعير الطاقة، فقد تبين من خلال الشكل السابق رقم (2- 7) أن تقنيات الطاقة المتجددة تنافس الوقود الأحفوري بل وتتفوق على أفضل الخيارات المستخدمة لإنتاج الكهرباء منه وهي الفحم والغاز. ومع ذلك، لا ينبغي الإسراف في الاعتماد على التكلفة الإضافية لدعم تعريفة الطاقة المتجددة بسبب تأثيرها الكبير على الأسر الأقل دخلاً والتي تنفق حصة أكبر من دخلها للحصول على الطاقة، وليس لها قدرة على التكيف ونقل أعبائها إلى فئات أخرى. وطالما أن نمو الطاقة المتجددة مستمر فلا مانع من خفض التكلفة الإضافية لتحقيق الأهداف بأقل تكلفة (Jochen et al, 2016: 7-12).

وبالنظر إلى تطور الاعتماد على الوقود الأحفوري كمنافس للطاقة المتجددة، يلاحظ أنه في عام 1990 تم استيراد ما يقارب 60% من استهلاك الطاقة الأولية، وزادت هذه النسبة إلى 70% عام 2000. وبالرغم من

وجود توقعات بزيادة قيمة واردات الوقود الأحفوري على المدى الطويل إلا أن نشر الطاقة المتجددة يقلل من الاعتماد كلياً على استيراد الطاقة من خارج ألمانيا. وترجع الزيادة المتوقعة في فاتورة واردات الوقود الأحفوري إلى توقعات ارتفاع أسعار برميل البترول بسبب التوسع في الإنتاج من حقول يصعب الوصول إليها. وبالنسبة لتكاليف استيراد الوقود الأحفوري، فقد وصلت عام 2011 إلى 85 مليار يورو بما يعادل 3,3% من الناتج القومي الألماني، بعد أن كانت 0,8% فقط عام 1995. لكن برنامج التحول الألماني نحو الطاقة المتجددة قد وفر ما يقرب من 31 مليار يورو عام 2011 بفضل استغلال الطاقة المتجددة محلياً.

ولا يمكن إغفال أن تطبيق ضريبة الكربون في ألمانيا كان له أثراً ملحوظاً في زيادة نمو الطاقة المتجددة، وذلك رغم أن سعرها منخفض نسبياً، الأمر الذي أدى إلى نمو إنتاج الكهرباء من الفحم. وقد انخفض متوسط سعر الكربون من 30 يورو عام 2008 لكل طن مكافئ Co_2 إلى 5 يورو فقط عام 2014، ثم ارتفع قليلاً ليصل إلى 7 يورو عام 2015. ويرجع سبب هذا الانخفاض إلى محاولة تخفيف تأثيرات الأزمة المالية على الإنتاج الصناعي واستهلاك الكهرباء (Irena, 2015: 44-45).

وقد أتت الزيادة في إنتاج الكهرباء المتجددة على حساب الطاقة النووية، نظراً لإيقاف 8 مفاعلات نووية في الفترة بين 2011 و 2015. وهذا يؤكد أن الشعب الألماني يرى أن تكلفة الطاقة النووية أكبر بكثير من مجرد التكلفة المادية، وعند مقارنتها بالطاقة المتجددة أو الوقود الأحفوري فإن تكلفة الفرصة البديلة لها مرتفعة للغاية. أيضاً، كان التخلص التدريجي من الطاقة النووية أسرع بكثير من نمو استخدام الوقود الأحفوري، وربما أسرع من معدلات نمو الطاقة المتجددة. وهذا يعني أن ألمانيا تقبل استمرار الاعتماد على الوقود الأحفوري أكثر من استمرار الطاقة النووية. وخاصة بعد حدوث كارثة فوكوشيما النووية عام 2011.

4-2 سياسات استخدام الطاقة المتجددة:

أفرزت دراسة تكاليف الطاقة المتجددة في ألمانيا عن أن طاقة الرياح البرية تتمتع بميزة أكبر في إنتاجها من باقي أنواع الطاقة المتجددة نظراً لانخفاض تكلفتها. وبناءً عليه، كان تركيز الحكومة الألمانية على طاقة الرياح بالدرجة الأولى. وقد مرت سياسات طاقة الرياح بعدة مراحل (Irena, 2013: 68-71):

أ- المرحلة الاولى: تقديم التكنولوجيا (1979- 1990)

تم وضع **تعريفة الطاقة المتجددة لإنتاج الكهرباء** عام 1979 لتشجيع الكهرباء المنتجة محلياً من مصادر متجددة، لكن السعر المقترح كان أقل مما ينبغي. ولذلك لم يكن للتعريفة تأثير كبير. وقد قامت الحكومة الألمانية بتمويل المؤسسات البحثية بغرض تطوير توربينات الرياح الصغيرة والمتوسطة في الفترة بين عامي 1977 و 1989. ومع ذلك، استمرت السيطرة للفحم والغاز على هيكل إمدادات الكهرباء في ألمانيا طوال الثمانينات حتى حدثت كارثة تشيرنوبل النووية عام 1986. وقد كان لهذه الكارثة تأثير عميق في الرأي العام الألماني، ومن ثم الحكومة. وانعكس ذلك على سياسات الطاقة، حيث وُضع قانون التغذية الكهربائية Electricity Feed In Act (EFL)، وذلك قبل بداية عام 1990.

ب- المرحلة الثانية: انشاء سوق الطاقة المتجددة وتطبيق قانون تعريفة التغذية (1991- 1999)

دخل القانون الجديد حيز التنفيذ عام 1991، وتميز عن سابقه بضمان الاتصال بشبكة الكهرباء، لكن الحوافز اقتصرت على **تعريفة التغذية**. وقد زادت نسبة الكهرباء المتجددة من 3,4% عام 1990 إلى 6,2% عام 2000. وبالنظر إلى هيكل هذه الزيادة نجد أن النصيب الأكبر فيها للطاقة الكهرومائية، على عكس رغبة الحكومة الألمانية في إقامة قاعدة وطنية لصناعة طاقة الرياح نظراً لإمكاناتها الكبيرة محلياً.

ج- المرحلة الثالثة: توحيد السوق وتطبيق قانون الطاقة المتجددة (2000- 2014)

وفر القانون الجديد الصادر عام 2000 حوافز كبيرة لإقامة سوق وطنية للطاقة المتجددة، وذلك عن طريق تعريفة التغذية الجديدة وأولوية الاتصال بالشبكة. هذه التعريفة التي تتكون من شقين، الأول: تعريفة أولية ثابتة لمدة 5 سنوات. والشق الثاني: تعريفة متغيرة مدتها 15 سنة كاملة، وتتوقف قيمتها وعدد سنوات استخدامها على ظروف الرياح جغرافياً. ففي المناطق ذات الموارد الكبيرة تحصل المشروعات على تعريفة ثابتة لسنوات أقل، والعكس في حالة المناطق ذات الموارد الأقل. وتنخفض قيمة التعريفة سنوياً حسب التطورات التكنولوجية والتكاليف الاستثمارية. ومن الممكن زيادة التعريفة حال حدوث تقلبات في مصادر الرياح (Hu et al, 2013: 42). ويُلزم القانون شركات المرافق العامة بشراء الكهرباء من منتجي الطاقة المتجددة على مدار 20 عاماً. وكانت النتيجة نمو إنتاج الكهرباء من الطاقة المتجددة ليصل إلى 88,3 ج.و.س عام 2007، بزيادة تصل إلى الضعفين وأكثر مقارنة بعام 2000. كما زاد نصيب طاقة الرياح من 26,4% عام 2000 إلى 45% عام 2007. ولم تكتفِ الحكومة الألمانية بهذا، بل تم تدشين عدد من برامج **البحث والتطوير بتمويل حكومي كامل** بغرض نشر طاقة الرياح البحرية، والتي لم تنتج ألمانيا منها كيلووات واحد حتى عام 2008، لأسباب عدة من بينها كثرة المخاوف بشأن التمويل والتأمين، والتحديات التكنولوجية، الأمر الذي يجعل تكلفتها مرتفعة.

وفي عام 2009، تم زيادة تعريفة التغذية لكل من طاقة الرياح البرية والبحرية على السواء. وصُممت التعريفة لتتأقلم مع ديناميكيات السوق ومستوى النضج التكنولوجي. وعلى مستوى الطاقة المتجددة ككل، لم تستفد من تعريفة التغذية مشروعات الطاقة الكهرومائية الكبيرة، ومحطات الوقود الأحفوري التي تحرق الكتلة الحيوية مع الوقود التقليدي. وعندما حدثت كارثة فوكوشيما النووية عام 2011، أعلنت ألمانيا عدة قرارات هامة وتعديلات في قانون الطاقة المتجددة، أبرزها: رفع قيمة تعريفة التغذية الأصلية، والتوسع في القروض الميسرة من بنك التنمية الألماني، لتأمين التمويل لحوالي 10 مزارع لطاقة الرياح بنوعيها. وكذلك وضع برنامج لتطوير البنية التحتية لربط مشروعات طاقة الرياح البحرية بالشبكة. وأخيراً، وضع برنامج زمنى للتخلص من الطاقة النووية تماماً ينتهي بحلول عام 2022. وفي عام 2014، حدث تحول صريح من سياسة تعريفة التغذية إلى **سياسة المناقصات التنافسية**، فيما يخص فقط الطاقة الشمسية. وهذا التحول يمثل استجابة سريعة من جانب الحكومة الألمانية لحدوث انخفاض واضح في استثمارات الطاقة الشمسية بسبب ارتفاع تكلفتها. وتفيد المناقصات التنافسية في الوصول إلى أقل التكاليف.

وتزداد الحاجة إلى الوقود لضخ وتسخين المياه، والحرارة للتدفئة وتوليد البخار، وغيرها في قطاعات الصناعة والبناء. وبما أن قطاع البناء هو أكبر مستهلك للطاقة في ألمانيا بنسبة تصل إلى 40%، يليه قطاع النقل بنسبة 35% ثم الصناعة بنسبة 25%، فكان لابد من تطوير استخدامات الطاقة المتجددة في هذه

القطاعات. ورغم أن هذه القطاعات هي محور اهتمام برامج كفاءة الطاقة أكثر من سياسات استخدام الطاقة المتجددة، إلا أن ألمانيا في عام 2009 قامت بوضع **قانون الاستخدامات الحرارية للطاقة المتجددة** في قطاعي البناء والصناعة. ويفرض هذا القانون على كل المباني الجديدة والمنشآت الصناعية استخدام الطاقة المتجددة في إنتاج نسبة معينة من إجمالي استهلاكها للطاقة. وحُددت نسباً مختلفة على حسب التكنولوجيا المستخدمة (Irena, 2015: 37). وفيما يتعلق بقطاع البناء، استخدمت ألمانيا **الوقود الحيوي بنسب معينة مع الوقود الأحفوري**. وتم تدعيم قانون الاستخدامات الحرارية للطاقة المتجددة ببرنامج متعدد الحوافز، يستهدف المنشآت التجارية والصناعية أو المباني القائمة. ويتضمن هذا البرنامج دعماً مالياً (منح استثمارية أو قروض منخفضة الفائدة) لتركيب أنظمة التدفئة والتبريد من الطاقة المتجددة. وتُقدم المنح للمنشآت الصغيرة القائمة أو المباني الصغيرة، في حين تخصص القروض منخفضة الفائدة للمنشآت التجارية والصناعية والمباني الأكبر حجماً، وعلى رأسها المباني الحكومية.

4-3 استثمارات الطاقة المتجددة ومصادر التمويل:

تتميز استثمارات الطاقة المتجددة عن غيرها من استثمارات الطاقة بأنها تخلق علاقات متبادلة وتشابكات مع القطاعات الأخرى. وتتمثل هذه العلاقات في المدخلات التي يحتاج إليها قطاع الطاقة المتجددة من القطاعات الأخرى كالمعدات وقطع الغيار والوقود في حالة الكتلة الحيوية. وأما مخرجات القطاع فهي الطاقة التي تحتاج إليها قطاعات الاقتصاد. ولهذا لم تغفل ألمانيا اختيار السياسات التي تجذب القطاع التمويلي نحو الطاقة المتجددة، واستخدام التمويل الحكومي للتقنيات مرتفعة المخاطر.

ويمكن ملاحظة مدى تركيز الحكومة الألمانية على تنمية طاقة الرياح لتكون قاطرة للتحول نحو الطاقة المتجددة، حيث يظهر من الجدول التالي رقم (2-7) أن نصيب طاقة الرياح البرية من إجمالي استثمارات الطاقة المتجددة قد وصل إلى 1,9 مليار يورو من إجمالي 4,5 مليار يورو عام 2000 بنسبة 42%، تليها في الترتيب طاقة الكتلة الحيوية باستثمارات 1,2 مليار يورو ونسبة 26,7%، ثم الطاقة الشمسية باستثمارات 0,8 مليار يورو ونسبة 17,8%. وفي الفترة من عام 2000 حتى عام 2010 زادت استثمارات الطاقة المتجددة ككل بشكل مطرد حتى وصلت إلى ذروتها لتصبح 27,6 مليار يورو، ولكن كان نصيب الطاقة الشمسية من هذه الاستثمارات قد تضاعف كثيراً ليصبح 20,4 مليار يورو بنسبة تقارب 74%، منها 19,5 مليار يورو للطاقة الكهروضوئية. ويرجع الفضل في ذلك إلى أمرين، الأول: انتشار تقنيات الطاقة الكهروضوئية وانخفاض تكلفتها، وتمتعها باللامركزية وسهولة التركيب واختلاف أحجامها بدءًا من بضعة ألواح على مساحة أمتار مربعة قليلة وحتى مزارع كاملة على مساحات واسعة. والأمر الآخر إلزام الحكومة الألمانية لمرافق الطاقة بشراء كافة الطاقة المنتجة بناءً على تعريفة محددة، فضلاً عن دعم إضافي يمثل الفرق بين التعريفة وسعر السوق (BMWi, 2016: 10).

ولضمان استمرار النمو السريع للطاقة الشمسية، قامت الحكومة الألمانية بإقرار قانون الاستخدامات الحرارية للطاقة المتجددة عام 2009، ويفرض القانون على كل المباني الجديدة استخدام الطاقة المتجددة بنسب معينة. وتختلف النسبة على حسب التكنولوجيا، وذلك كما يلي (Irena, 2015: 37):

أ- إذا كانت التكنولوجيا المستخدمة تعتمد على الطاقة الشمسية، فإن الحد الأدنى 15%.
ب- عند استخدام الكتلة الحيوية (الغاز الحيوي)، يكون الحد الأدنى 30%.
ج- تلتزم المنشآت العامة بنسبة 15% لأية تقنية دون الغاز الحيوي حيث يشترط حد أدنى له 25%.

جدول رقم (2-7)
هيكل استثمارات الطاقة المتجددة في ألمانيا في الفترة (2000-2015) بـ (مليار يورو)

السنة	الطاقة الكهروضوئية	الطاقة الشمسية المركزة	طاقة الكتلة الحيوية	طاقة الرياح		الطاقة الكهرومائية	الطاقة الحرارية الأرضية	الإجمالي
				برية	بحرية			
2000	0,3	0,5	1,2	1,9	-	0,5	0,1	**4,5**
2001	0,4	0,7	1,4	3,1	-	0,7	0,2	**6,4**
2002	0,7	0,4	1,7	3,9	-	0,0	0,2	**6,9**
2003	0,8	0,6	1,8	3,3	-	0,1	0,2	**6,6**
2004	3,5	0,6	1,8	2,7	-	0,1	0,3	**9,0**
2005	4,8	0,7	3,5	2,5	-	0,1	0,3	**12,0**
2006	4,0	1,1	4,1	3,2	-	0,1	0,9	**13,2**
2007	5,3	0,7	3,2	2,5	-	0,2	0,7	**12,6**
2008	8,0	1,4	2,8	2,5	-	0,1	1,2	**16,0**
2009	13,6	1,2	4,1	2,8	0,3	0,4	1,1	**23,5**
2010	19,5	0,9	3,4	2,1	0,5	0,3	1,0	**27,6**
2011	15,0	1,1	3,7	2,8	0,2	0,2	1,2	**24,2**
2012	11,2	1,0	3,2	3,4	0,5	0,1	1,1	**20,5**
2013	4,3	0,9	3,0	4,3	2,2	0,2	1,0	**16,1**
2014	2,4	0,9	3,0	6,7	5,4	0,02	1,0	**19,2**
2015	1,6	0,8	1,9	5,2	4,5	0,03	1,0	**15,2**

Source: BMWi, 2016: 26.

وعلى النقيض تماماً، تأرجحت استثمارات طاقة الرياح صعوداً وهبوطاً حول قيمتها أول الفترة. فقد زادت في عام 2002 إلى 3,9 مليار يورو، ثم بدأت الهبوط حتى وصلت إلى 2,5 مليار يورو عام 2005، وصعدت مرة أخرى إلى 3,2 مليار يورو عام 2006، بعدها عاودت الهبوط حتى 2,1 مليار يورو عام 2010. وهذا التراجع يبدو منطقياً في ظل الإهمال التام لطاقة الرياح البحرية في ألمانيا.

لكن في عام 2008 قامت الحكومة الألمانية بتدشين عدد من مشاريع البحث والتطوير مع توفير التمويل اللازم لإقامة مزارع واسعة لإنتاج طاقة الرياح البحرية. وأما من جانب مستثمري القطاع الخاص فقد سادت بينهم مخاوف بشأن التمويل والتأمين والتحديات التقنية لطاقة الرياح البحرية. وقد أدى النشاط الحكومي في مجال الرياح البحرية إلى زيادة استثماراتها من لا شئ عام 2008 إلى 4,5 مليار يورو عام 2015. وعلى

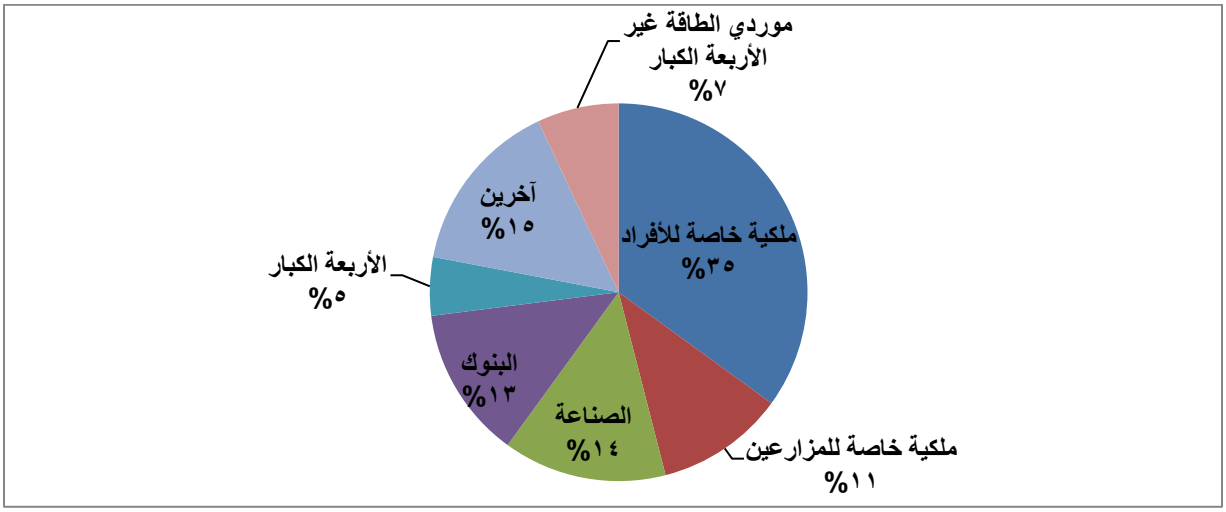
التوازي زادت استثمارات طاقة الرياح البرية مرة أخرى لتصل إلى 5,2 مليار يورو. وأصبح مجموع استثمارات طاقة الرياح 9,7 مليار يورو عام 2015.

4-3-1 هيكل الملكية ووسائل التمويل:

من خلال الشكل (2- 9)، يتضح أن نصيب الأفراد (المواطنين) في ملكية القدرات المركبة لإنتاج الكهرباء من الطاقة المتجددة قد وصل إلى 46% عام 2014. وتقع النسبة الباقية في حوزة قطاع الصناعة والبنوك، بالإضافة إلى موردي الطاقة وغيرهم. وما يميز هيكل ملكية منشآت الطاقة المتجددة في ألمانيا أن حصة المواطنين تمثل النسبة الأكبر في تمويل مشروعات الطاقة المتجددة، يليها قطاع الصناعة والبنوك. وهذا يعني ضمنياً أن النسبة الأكبر من الاستثمار في القدرات المركبة للطاقة المتجددة يتم تمويلها من مصادر محلية.

شكل رقم (2- 9)

هيكل ملكية مشروعات الطاقة المتجددة في ألمانيا عام 2014



Source: Irena, 2015: 27.

ويقوم المواطنون بتمويل مشروعات الطاقة المتجددة عن طريق الأسهم أو التمويل بالدين أو غيرها. ويظهر **التمويل بالأسهم** في عدة صور أبرزها (Yildiz, 2014: 680-681):

أ- تعاونيات الطاقة: وهي عبارة عن جمعية تضم عدداً من الأشخاص لهم هدف مشترك. ويحق لكل عضو تملك عدد من الأسهم التي تكون في الغالب بأسعار مناسبة، ويكون له صوت في اختيار مجلس الإدارة بغض النظر عن حصته. وتتولى الجمعية عملية التعاقد مع شركات توريد الطاقة أو الاستثمار في مشروع لإنتاج الطاقة وإدارته. وتفيد تعاونيات الطاقة في تقليل المخاطر المالية للاستثمار في الطاقة المتجددة عن طريق الأسهم الموزعة على عدد كبير من الأفراد، كما تلعب دوراً نشطاً في صنع القرار، ووضع سياسة الطاقة المحلية من خلال مجلس إدارة الجمعية. وخلال الفترة بين عامي 2000

و2010 تم تمويل أكثر من نصف القدرات المركبة لإنتاج الكهرباء من الطاقة المتجددة بواسطة المواطنين عبر تعاونيات الطاقة (Tyl and Lizarralde, 2017: 201).

ب- الاستثمارات المشتركة: تقوم بها مجموعة صغيرة من المستثمرين المحليين.

ج- الاستثمارات المحلية: وهي تكون بالاشتراك بين المواطنين والمحليات.

ويأتي **التمويل بالديون** في المرتبة الثانية بالنسبة للمواطنين. ويتمثل في قيام الأفراد أو القطاع الخاص بشراء سندات ادخارية أو سندات في شركات تنتج الطاقة المتجددة لمدة معينة مع عوائد مضمونة. ويتولى هذه الاستثمارات بنك الادخار المحلي بالتعاون مع موردي الطاقة المحليين أو البنوك المتخصصة. ويُتاح للمواطنين الحصول على **قروض بأسعار فائدة منخفضة** من بنك التنمية الألماني في إطار مبادرات عديدة لنشر الطاقة المتجددة. وكان العامل الأساسي وراء زيادة حصة المواطنين هو المؤسسات التمويلية في قطاع الطاقة الألماني، وتحديداً بنوك الادخار والبنوك التعاونية. فقد ساهمت هذه النوعية من البنوك بـ 62% من إجمالي القروض التجارية الصغيرة، و42% من قروض المحليات، و60% من القروض العقارية عام 2014. وكانت البنوك التعاونية المحرك الأساسي لإنشاء تعاونيات الطاقة. وتتميز هذه البنوك ليس بتركيزها فقط على صغار المقترضين، وإنما بتركيزها على العمل داخل المنطقة المحلية. ومن ثم، فهي تضع سياساتها بناءً على الظروف المحلية. وهذه الخصائص من شأنها أن تدعم تمكين المواطنين وإعطائهم الفرصة للمشاركة في نموذج لامركزي للطاقة (Hall et al, 2016: 10-11).

أما نصيب موردي الطاقة من القدرات المركبة فينقسم بين مجموعتين، تمثل المجموعة الأولى موردي الطاقة الأربعة الكبار[6] ، والمجموعة الثانية تضم موردين آخرين. ويمتلك موردوا الطاقة ما نسبته 12% فقط من إجمالي القدرات المركبة للطاقة المتجددة.

ويتركز دور الحكومة في تمويل البرامج البحثية لتطوير الطاقة المتجددة. وقد وصلت قيمة هذا التمويل إلى 809 مليون يورو في ميزانية عام 2013. ولا تتم عملية التمويل بشكل عشوائي، وإنما تقع مسئولية الأبحاث التطبيقة للطاقة المتجددة على عاتق وزارة الشئون الاقتصادية والطاقة. في حين تتولى وزارة التعليم تمويل الأبحاث الأساسية في مجال تكنولوجيات الطاقة. وتركز وزارة الأغذية والزراعة على تمويل البحوث التطبيقية في الطاقة الحيوية (BMWi, 2014: 2-3). ولا تحتكر الحكومة الألمانية عملية البحث العلمي وإنما تُلزم نفسها بتمويل الأبحاث. وقد قامت بتقديم **المنح المباشرة** لبعض المؤسسات البحثية الخاصة والجامعات وحتى قطاع الصناعة بغرض تمويل البحوث في مجال طاقة الرياح البحرية. كذلك، قامت الحكومة الألمانية بالتعاون مع البنك الأوروبى للاستثمار بالتمويل المباشر لمشروعات طاقة الرياح البحرية التي لا يقدر عليها القطاع الخاص.

[6] "big four" includes (EnBWAG, E.ON AG, RWE AG, Vattenfall Europe AG) شركات الطاقة الأربعة الكبار وهي

5- الآثار الاقتصادية لاستخدام الطاقة المتجددة:

تعددت إيجابيات الطاقة المتجددة في ألمانيا بدءاً من زيادة حجم الاستثمارات، وإقامة روابط قوية مع القطاعات الأخرى، وتقليل واردات الوقود الأحفوري ومن ثم الانبعاثات الكربونية، وأخيراً توفير وظائف جديدة. وذلك كما يلي:

أ- أدى التوسع في الطاقة المتجددة إلى آثار ايجابية على النمو الاقتصادي لألمانيا عبر آليتين، الأولى: زيادة النشاط الاستثماري، وما يترتب عليه من زيادة في ناتج قطاع الطاقة عموماً. والثانية: زيادة الطلب على مكونات الطاقة المتجددة محلياً، وما يترتب عليه من إنفاق استثماري لتلبية هذا الطلب. ومن المتوقع أن يؤدي انتشار الطاقة المتجددة في ألمانيا بحلول عام 2030 إلى معدل نمو أعلى بنسبة 3.1% عنه في حالة عدم التوسع في الطاقة المتجددة. ويُتوقع زيادة بنسبة 0,1% في معدل النمو السنوي حتى الوصول لعام 2030(Jurgen et al, 2014: 17-26).

ب- أدى قيام مشروعات الطاقة المتجددة إلى خلق علاقات تكاملية مع قطاعات أخرى. وقد قدرت المعاملات بين قطاع الطاقة المتجددة وباقي القطاعات بحوالي 2,2 مليار يورو في عام 2000، وارتفعت في عام 2015 إلى 14,7 مليار يورو، بزيادة تصل إلى 7 أمثال. وتكاد تعادل في قيمتها قيمة الاستثمارات الجديدة في الطاقة المتجددة في ألمانيا لعام 2015. هذا، وتستحوذ محطات الكتلة الحيوية على الجزء الأكبر من العلاقات التشابكية بسبب حاجتها المستمرة إلى الوقود. يليها في الترتيب طاقة الرياح ثم الطاقة الكهروضوئية (BMWi, 2016: 27).

ج- استطاعت ألمانيا تقليل وارداتها من الوقود الأحفوري بفضل الطاقة المتجددة. وتصنف ألمانيا على أنها بلد فقير في موارد النفط والغاز، بينما تمتلك احتياطيات كبيرة من الفحم. بصورة أدق، تمتلك ألمانيا احتياطيات من الوقود الأحفوري تصل إلى حوالي 28354,91 مليون طن مكافئ نفط، وهي في المجمل احتياطيات لا بأس بها بالمقارنة بدول اخرى. لكن المشكلة أن نسبة الفحم فيها حوالي 99,76%. وبالتالي يتحتم على ألمانيا استيراد النفط والغاز الطبيعي. وتعتمد ألمانيا على الواردات في تغطية 98% من احتياجاتها النفطية، وما يمثل 88% مما تحتاج إليه من الغاز الطبيعي. وربما يبرر هذا الوضع مدى حرص ألمانيا على تأمين إمدادات الطاقة.

وهناك حاجة إلى مزيد من الإنفاق الاستثماري لزيادة استخدام الطاقة المتجددة، وعادةً ما يتم زيادة التكلفة الإضافية لدعم تعريفة الطاقة المتجددة، وهو الأمر الذي يترجم إلى ارتفاع في أسعار الطاقة، مما قد يضر بالقدرة التنافسية للصناعات كثيفة استهلاك الطاقة، فيتراجع النمو الاقتصادي. بينما يمكن لألمانيا الاستناد إلى وفورات استيراد الوقود الأحفوري بدلاً من زيادة التكلفة الإضافية. ومن جهة أخرى، فإن استمرار دعم الصناعات كثيفة استهلاك الطاقة قد يصرفها عن الإنفاق على البحث والتطوير في الأجل المتوسط والبعيد. وأخيراً، فإن استمرار الحكومة الألمانية في إعفاء الصناعات كثيفة الاستهلاك من التكلفة الإضافية يوحي بأن الحكومة لا تجتاز مرحلة تحول كامل للطاقة، وإنما تدمج طاقة الرياح في نظام صناعي كثيف استهلاك الطاقة وقائم الفعل. ومن ثم ينبغي زيادة الإنفاق على تطوير تكنولوجيات طاقة الرياح وخفض تكلفتها لكل المستهلكين. وذلك لأن تعريفة التغذية بمفردها -

مهما زادت قيمتها- لن تستطيع تحفيز الابتكار التكنولوجي في طاقة الرياح (Jurgen et al, 2014: 3) (Nordensvard and Urban, 2015: 18).

د- تعد ألمانيا من أكبر الدول المصدرة للكهرباء في أوروبا، رغم أن قانون الطاقة المتجددة لا يدعم بعض مصادر الطاقة المتجددة، مثل مشروعات الطاقة الكهرومائية الكبيرة، ولا تستفيد منه محطات الطاقة التقليدية التي تحرق الكتلة الحيوية مع الوقود الأحفوري. وهذا يعني ضمنياً أن ألمانيا تنتج احتياجاتها من الكهرباء لكل الأغراض(BMWi,2016: 23).

ه- رغم أن هناك انخفاضاً مستمراً في انبعاثات ألمانيا من الكربون إلا أن نسبتها في الانبعاثات العالمية تقترب من 2,5%، وهي نسبة مرتفعة (Nejat et al, 2015: 854). وفي عام 2015 انخفضت انبعاثات الكربون في ألمانيا بمقدار 156 مليون طن مكافئ Co_2، بزيادة تقترب من 14% عن عام 2014. وبلغ نصيب قطاع الطاقة من هذه الوفورات 118 مليون طن مكافئ تقريباً، ويرجع ذلك إلى التوسع في الطاقة المتجددة. وقد بلغت نسبة الخفض في الانبعاثات عام 2013 تقريباً 23,8% مقارنة بأرقام 1990، بينما التزمت الحكومة الألمانية بخفض انبعاثاتها بمقدار 40% بحلول عام 2020. وهذا يعني أنها تحتاج إلى نسبة لا تقل عن 2,3% سنوياً حتى عام 2020 لتحقيق الهدف المطلوب.

وقد تبين أن حجم الاستثمارات المطلوبة في الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة لتحقيق هذه الأهداف لن يقل عن 15-20 مليار يورو سنوياً حتى عام 2050، وبالعودة إلى جدول رقم (2-7) يتضح أن هذه الأرقام ممكنة بل وقد تحقق أكثر منها فعلاً. ويظهر أن حجم استثمارات الطاقة المتجددة لم يقل عن 15 مليار يورو منذ عام 2008، بل إنه في عام 2010 قد وصل إلى أعلى مستوياته محققاً 27,6 مليار يورو. وفي النهاية، فقد حققت ألمانيا انخفاضاً واضحاً في حجم الانبعاثات مؤخراً لكن هذا التخفيض لا يتناسب مع إمكانات ألمانيا وفقاً لتقرير (BMWi) لعام 2016، بل توقع التقرير أن ترتفع الانبعاثات مرة أخرة بسبب زيادة صادرات الكهرباء المعتمدة على الفحم.

و- في عام 2004 كان حوالي 160500 شخص يعملون في قطاع الطاقة المتجددة، وقد ارتفع هذا الرقم بأكثر من الضعف ليصل إلى 371400 شخص في عام 2013.

شكل (2-10) هيكل وظائف الطاقة المتجددة في ألمانيا عام 2013

المصدر: إعداد الباحث بالاستناد إلى بيانات Irena, 2015: 48.

ويعتبر الأثر الصافي للطاقة المتجددة على العمالة إيجابياً في كل الأحوال، لكن يختلف مقدار التأثير وفقاً **لمرونة سوق العمل**. فإذا كانت أسواق العمل جامدة مثل بعض الدول النامية، ولا تمتلك المهارات اللازمة، ولا يمكن إدخال عمالة إضافية دون تكلفة؛ يكون أثر الطاقة المتجددة ضعيفاً. ويكون أثرها قوياً في حالة ظروف سوق العمل الأكثر مرونة. ومن هنا تظهر أهمية الاستثمار في التعليم وربطه بمتطلبات التنمية، وعلى رأسها الاعتماد على الطاقة المتجددة. وكذلك مدى ديناميكية سوق العمل وسرعة استجابتها للتغيرات النوعية في الطلب على العمالة (Jurgen et al, 2014: 26).

ويتوقف حجم العمالة أيضاً على **نمو صادرات الطاقة المتجددة**، حيث الانتقال إلى استهداف السوق الدولية الأكثر اتساعاً. وكلما زادت صادرات ألمانيا من الطاقة المتجددة زادت القدرات التصنيعية داخل ألمانيا، وزاد معها عدد الوظائف. وهو الأمر الذي تتميز به الصين كما سيأتي ذكره. وقد كان متوقعاً في عام 2008 أنه مع زيادة صادرات ألمانيا من الطاقة المتجددة أن يصل حجم الوظائف الناشئة إلى أكثر من 400 ألف وظيفة بحلول عام 2030 (Lehr et al, 2008: 16). وقد وصلت ألمانيا إلى أقل من هذا الرقم بقليل بعد خمس سنوات فقط وتحديداً عام 2013.

المبحث الثالث

اقتصـــاديات الطـــاقة المتجـددة في الصـيـن
" الدور المحوري للحكومة "

ذُكِرت الطاقة المتجددة لأول مرة في قانون الكهرباء الصيني الذي نُشر عام 1995. وينص على أن الدولة تدعم توليد الكهرباء باستخدام مصادر الطاقة المتجددة والنظيفة، غير أنه لم تُذكر أية تدابير ملموسة أو آليات دعم حقيقية. وفي عام 1997 صدر قانون آخر للطاقة، يتَضَمّن بوضوح أكثر أن الدولة تدعم المناطق الريفية في تطوير إنتاج غاز الميثان ونشر تكنولوجيات طاقة الرياح والطاقة الشمسية والطاقة الكهروميائية الصغيرة وغيرها. لكن القانون الذي يعتبر نقطة التحول في مسار الطاقة المتجددة، هو قانون الطاقة المتجددة (REL)، الذي أصدره مجلس الدولة الصيني عام 2005، ودخل حيز التنفيذ أوائل عام 2006. ويختلف هذا القانون عن سابقيه فيما يلي (Saidur et al, 2010: 11):

أ- تحديد أهداف شاملة لإنتاج الطاقة المتجددة.
ب- ضمان اتصال مشروعات الطاقة المتجددة بالشبكة.
ج- وضع تعريفة التغذية بغرض التوسع في إنتاج الكهرباء من مختلف أنواع الطاقات المتجددة، وإلزام شبكات الكهرباء بشراء أية كمية يتم إنتاجها من الطاقة المتجددة.
د- إنشاء صندوق مالي لتعزيز نشر الطاقة المتجددة.

وكان لهذه الإجراءات تأثيراً فورياً، انعكس على القدرات المركبة للطاقة المتجددة ونصيبها في إنتاج الكهرباء واستثمارات الطاقة المتجددة وغيرها.

1- أهداف الطاقة المتجددة:

تستهدف الصين الوصول بالقدرات المركبة من طاقة الرياح إلى 200 ج.و عام 2020، وكذلك الوصول إلى 100 ج.و من الطاقة الكهروضوئية بحلول عام 2020 (The climate group, 2015: 1-2[7]). وتستهدف أيضاً زيادة نسبة الطاقة المتجددة من إجمالي استهلاك الطاقة الأولية إلى 15% بحلول 2020، و 20% في عام 2030.

2- القدرات المركبة للطاقة المتجددة:

زاد حجم القدرات المركبة للطاقة المتجددة ككل من 74,4 جيجا وات عام 2000 - جميعها تقريباً من الطاقة الكهرومائية - إلى 113,06 جيجا وات عام 2005. وفي عام 2005 -الذي صدر فيه قانون الطاقة المتجددة- لم تكن الطاقة المتجددة من المياه فقط، بل تم تركيب ما يقرب من 1,3 ج.و لأول مرة من طاقة الرياح، لتصل نسبتها إلى 1,1% من إجمالي القدرات المركبة. وذلك كما في الجدول (2- 8).

[7] **The Climate Group** هي مؤسسة غير هادفة للربح، ومهمتها تنسيق الجهود المختلفة للوصول إلى عالم خالٍ من الكربون.

وفي العام التالي لإصدار القانون، زاد إجمالي القدرات المركبة إلى 126,76 ج.و، وزادت نسبة طاقة الرياح فيها لتصل إلى 2,1%، ثم إلى 4,1% عام 2007، واستمرت في الزيادة حتى وصلت إلى 13,2% عام 2010. وفي نفس العام - 2010 - تم تركيب قدرات جديدة للطاقة الشمسية الكهروضوئية جعلها تصل إلى 800 م.و، ومع ذلك فإن نسبتها كانت ضئيلة جداً من إجمالي القدرات. بعدها ازدادت معدلات نموها، حتى أنها تضاعفت كثيراً في الأعوام التالية لتصل إلى 28,05 ج.و عام 2014، بنسبة 6,8% من إجمالي القدرات، مثلما تضاعفت طاقة الرياح لتصل إلى 95,93 ج.و في نفس العام، بنسبة 23,2%.

جدول رقم (2-8)

تطور حجم القدرات المركبة للطاقة المتجددة في الصين خلال الفترة (2000-2014) بـ (الميجاوات)

السنة	الطاقة الكهرومائية الكبيرة	الطاقة الكهرومائية متوسطة الحجم	الطاقة الكهرومائية صغيرة الحجم	طاقة الرياح البرية	الطاقة الكهروضوئية	طاقة الكتلة الحيوية	الإجمالي
2000	21752	27000	25600	-	-	-	74352
2001	22100	30000	25600	-	-	-	77700
2002	22470	33000	25600	-	-	-	81070
2003	28296	36000	25600	-	-	1850	91746
2004	35642	39000	25600	-	-	1900	102142
2005	44190	42000	25600	1296	70	2000	113059
2006	53490	45000	25600	2668	80	2500	126758
2007	65685	48000	25600	6029	100	3000	148314
2008	85800	51000	25600	12173	140	3270	177843
2009	102990	54000	25600	17670	300	4600	204860
2010	116230	57620	25600	31310	800	5500	237060
2011	127136	61812	25672	47836	3300	7000	272756
2012	137970	65800	25370	62665	6800	7700	306305
2013	163780	72400	22740	76143	17450	8680	361193
2014	181000	76000	23000	95930	28050	9480	413460

المصدر: إعداد الباحث بالاستناد إلى بيانات www.irena.org

وترجع هذه الزيادات المتتالية لعدة أسباب أبرزها إقرار تعريفة التغذية للكهرباء المنتجة من الطاقة المتجددة بداية من عام 2005، كأحد مرتكزات قانون الطاقة المتجددة، والسبب الثاني: أن النمو السريع في القدرات المركبة قد فاق كل التوقعات، مما استدعى تعديلات سريعة على قانون الطاقة المتجددة. وحدث ذلك عام 2009، حيث صدرت نسخة معدلة من قانون الطاقة المتجددة، تم فيها استخدام أساليب أكثر علمية لتخطيط الطاقة المتجددة، ووضعت خطط محددة لكل نوع من أنواع الطاقة المتجددة، بحيث تتكامل جميعها في إطار واحد يحقق أهداف الطاقة في الصين. وفي النسخة الجديدة أيضاً، أفسحت الحكومة المركزية مجالاً أكبر للحكومات المحلية في وضع الأهداف وتحديد الأدوار لضمان كفاءة أكبر في تخصيص الموارد. وانعكس ذلك في استمرار نمو القدرات المركبة للطاقة المتجددة. ومن أهم أسباب نمو الطاقة المتجددة، الدعم

المالي الكبير من جانب الحكومة المركزية. ولكن هناك مخاوف من زيادة أعباء الدعم في المستقبل إذا لم تتحسن تكاليف التكنولوجيا. وربما يؤدي ذلك بدعم الطاقة المتجددة ليسبب آثاراً سلبية شبيهة بدعم الوقود الأحفوري. ولذلك لابد من زيادة التركيز على البحث والتطوير بغية خفض تكاليف المشروعات، ومن ثم التمهيد للتخلي عن الدعم المالي مستقبلاً، وتحرير المنافسة في قطاع الطاقة (Hu et al, 2013: 49).

وأكثر ما يلفت النظر في الجدول السابق أن النمو الكبير من بعد عام 2005 شهد نصيباً متزايداً لطاقة الرياح والطاقة الكهروضوئية على حساب الطاقة الكهرومائية. حيث كانت نسبة طاقة الرياح إلى إجمالي القدرات 1,1% فقط عام 2005، وكان نصيب الطاقة الكهروضوئية لا يزيد على 70 م.و، ونسبتها لا تذكر، في حين كان نصيب الطاقة الكهرومائية ما يقرب من 90%. أما في عام 2014 فقد زاد نصيب طاقة الرياح إلى 23,2%، ووصل نصيب الطاقة الكهروضوئية إلى 6,8% تقريباً، بينما انخفضت نسبة القدرات الكهرومائية إلى 67,7%. وفي عام 2015، واصلت القدرات المركبة لطاقة الرياح نموها السريع لتصل إلى 128,8 ج.و بنسبة 26,8%، والطاقة الكهروضوئية إلى 43,18 ج.و بنسبة 9% [8]. ويظهر ذلك توجه حكومة الصين نحو الطاقة المتجددة ذات الآثار الإيجابية الصافية على المجتمع والبيئة مثل طاقة الشمس وطاقة الرياح، رغم الإمكانات الهائلة لطاقة المياه.

3- إنتاج الكهرباء من الطاقة المتجددة:

فيما بين عامي 2000 و 2004، بلغ إنتاج الكهرباء من الطاقة المتجددة (طاقات المياه والرياح والشمس والكتلة الحيوية) عام 2000 حوالي 228,1 ج.و.س، منها 225 ج.و.س من الطاقة الكهرومائية وحدها (نسبة 98,6%). وارتفع هذا الإنتاج إلى 359,9 ج.و.س عام 2004، منها 356,2 ج.و.س طاقة كهرومائية (نسبة 99% تقريباً)، وعليه، فإن إنتاج الكهرباء من الطاقة المتجددة في الصين قد زاد بنسبة 57% تقريباً خلال أربع سنوات. ومع دخول قانون الطاقة المتجددة حيز التنفيذ، ارتفع إجمالي إنتاج الكهرباء عن طريق الطاقة المتجددة من 406,2 ج.و.س عام 2005 إلى 805 ج.و.س تقريباً عام 2011، وكانت نسبة الطاقة الكهرومائية عام 2005 حوالي 98,3%، فيما بلغت 87% عام 2011. وهذا يعني تزايد الاعتماد على مصادر أخرى من الطاقة المتجددة غير الطاقة الكهرومائية.

وفي عام 2011، قررت الصين التوجه نحو السوق المحلي، على إثر انخفاض حصتها في الأسواق الدولية لتركيب الطاقة المتجددة بسبب سياسات الحماية ضد الإغراق، التي اتبعتها الولايات المتحدة بالتنسيق مع الاتحاد الأوروبي لمنع الغزو الصيني للأسواق الدولية. وقد كان لهذا القرار أثراً مباشراً على الاستراتيجية العامة للطاقة المتجددة في الصين، فتحولت نحو نشر تطبيقات الطاقة المتجددة محلياً، وزيادة القدرات المركبة في الداخل من طاقة الرياح والطاقة الشمسية بدلاً من الإنتاج للتصدير فقط.

وترتب على ذلك زيادات ملحوظة في إجمالي الكهرباء المنتجة ليصل إلى 1001,7 ج.و.س عام 2012، ثم إلى 1266,3 ج.و.س عام 2014. والملاحظ انخفاض نصيب الطاقة الكهرومائية فيها إلى 83,7% من الإجمالي. وهذا التراجع النسبي جاء لصالح نمو واضح في طاقة الرياح والطاقة الشمسية حيث وصلت نسبة

[8] www.Irena.org الموقع الرسمي للوكالة الدولية للطاقة المتجددة

كل منها إلى 12,5% و 2% على التوالى. بعد أن كان نصيب الإثنتين معاً أقل من 2% عام 2004. وهذا ما تظهره البيانات الواردة في الجدول التالي:

جدول رقم(2-9)

تطور إنتاج الكهرباء من الطاقة المتجددة في الصين في الفترة (2000-2014) بـ (جيجاوات ساعة)

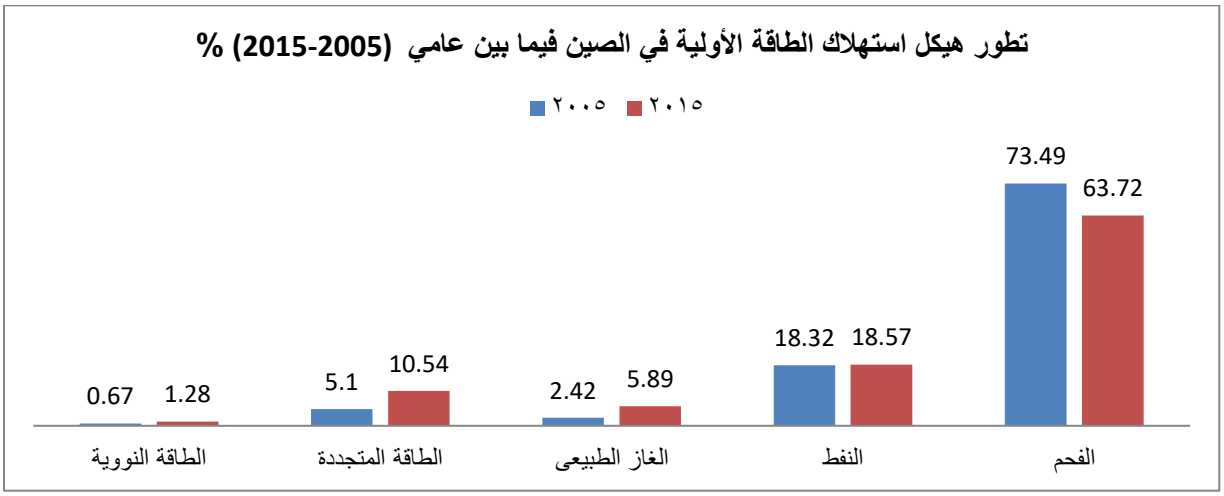
السنة	الطاقة الكهرومائية	طاقة الرياح	الطاقة الشمسية	الطاقة الحيوية	الإجمالي
2000	225,042	0,615	0,011	2,421	228,089
2001	280,060	0,749	0,014	2,438	283,261
2002	290,602	0,873	0,025	2,430	293,930
2003	286,309	1,039	0,031	2,422	289,801
2004	356,172	1,3	0,037	2,414	359,955
2005	399,343	1,6	0,042	5,2	406,185
2006	418,059	2,8	0,048	7	427,907
2007	476,102	5,7	0,061	9,74	491,603
2008	570,861	11,4	0,084	14,715	597,060
2009	578,883	24,9	0,17	20,7	624,653
2010	697,500	49	0,519	24,75	771,769
2011	700,209	71,5	1,761	31,5	804,970
2012	863,300	102,8	4,101	31,5	1001,701
2013	902,234	139,3	8,501	38,3	1088,335
2014	1060,100	158,271	25,007	22,9	1266,279

المصدر: إعداد الباحث بالاعتماد على بيانات www.Irena.org

4- مزيج استهلاك الطاقة الأولية:

بلغ إجمالي استهلاك الطاقة الأولية في الصين حوالي 1793,7 مليون طن مكافئ نفط عام 2005. وكان نصيب الفحم منها 73,49%، بينما كان نصيب الطاقة المتجددة بما فيها الطاقة الكهرومائية 5,1%. وقد انعكس نمو القدرات المركبة للطاقة المتجددة على الترتيب النسبي لمصادر الطاقة الأولية. ففي عام 2015، زاد إجمالي استهلاك الطاقة الأولية إلى 3113,9 مليون طن مكافئ نفط مع تراجع نصيب الفحم بشكل كبير ليصل إلى 63,72%. فيما زاد استهلاك كل من النفط، والغاز الطبيعي، والطاقة المتجددة إلى18,57%، و5,89 % و 10,54% على الترتيب. وذلك على النحو الوارد في الشكل التالي:

شكل رقم (2 -11)



المصدر: إعداد الباحث بالاستعانة ببيانات Bp, 2016: 10-44.

ويبدو أن الصين تسير على الطريق الصحيح نحو تحقيق أهدافها، حيث قامت حتى عام 2015 بتركيب أكثر من 128 ج.و من طاقة الرياح. وإذا استمرت على نفس معدل النمو الخاص بعام 2015 (34% سنوياً) ستتخطى الأهداف المطلوبة بسهولة. وبالمثل، إذا استمرت على نفس معدل نمو القدرات المركبة للطاقة الكهروضوئية الخاص بعام 2015 (54% سنوياً)، ستتجاوز الصين 100 ج.و بحلول 2020. وقد استطاعت الصين الوصول بالطاقة المتجددة إلى نسبة 10,54% من استهلاك الطاقة الأولية عام 2015.

5- الأبعاد الاقتصادية للطاقة المتجددة:

5-1 تكاليف استخدام الطاقة المتجددة:

تعتمد الصين في إنتاجها للكهرباء على مصادر مختلفة من الطاقة المتجددة، أبرزها الطاقة الكهرومائية وطاقة الرياح والطاقة الشمسية بالإضافة إلى إنتاج الكهرباء من الفحم. وتختلف التكلفة المقارنة فيما بين كل هذه المصادر. وتتجه الصين نحو زيادة الاعتماد على الطاقة المتجددة على حساب الفحم في مزيج استهلاكها من الطاقة الأولية، حتى أن نسبة استهلاك الفحم كطاقة أساسية انخفضت إلى63,72% عام 2015 بعد أن كانت 73,49% عام 2005. وزاد استخدام الطاقة المتجددة ليصل إلى 10,54% عام 2015 بعد أن كانت نسبتها 5,1% عام 2005. وفي داخل مجموعة الطاقة المتجددة وَضَح أيضاً توجه الصين نحو زيادة الاعتماد على طاقة الرياح والطاقة الشمسية على حساب الطاقة الكهرومائية خاصة الكبيرة منها، حتى وصلت نسبة الطاقة الكهرومائية في إنتاج الكهرباء من مجموع الطاقة المتجددة عام 2014 إلى 83,7% بدلاً من 98,3% عام 2005، فيما زاد إنتاج الكهرباء من طاقة الرياح والطاقة الشمسية لتصبح نسبتها 12,5% و 2% بدلاً من 0,39% و 0,01% على الترتيب.

وبناءً عليه، أصبحت المنافسة واضحة ومباشرة بين تقنيات إنتاج الكهرباء من الفحم من جهة وطاقتي الرياح والشمس من جهة أخرى، والجدول التالي يوضح مقارنة بسيطة بين تكلفة LCOE لكل منها:

جدول رقم (2-10)

متوسط التكلفة المقارنة لإنتاج الكهرباء باستخدام بعض تقنيات إنتاج الطاقة في الصين عام 2013

النوع	التكنولوجيا	التكلفة المقارنة (دولار/ميجاوات ساعة)
الطاقة المتجددة	طاقة الرياح	79
	الطاقة الكهروضوئية	191
	طاقة الكتلة الحيوية	67-53
الطاقة التقليدية	الفحم (محطات جديدة)	57-43
	الفحم (محطات قائمة)	21-15

Source: Irena, 2014: 58.

ويتضح من الجدول السابق أن:

أ- التكلفة المقارنة في مشروعات الفحم الجديدة تتراوح ما بين (57-43) دولار لكل م.و.س، في حين تتراوح بين (21-15) دولار لكل م.و.س بالنسبة للمشروعات القديمة. ويرجع ذلك إلى القيود المفروضة على التوسع في استخدام الفحم من بينها إمكانية الإغلاق القسري في أية لحظة. وكلتا التكلفتين أقل من التكلفة المقارنة للكتلة الحيوية، التي هي أفضل خيارات الطاقة المتجددة من حيث التكلفة. لكن الحكومة المركزية كما سيأتي ذكره تقدم دعماً كبيراً لمشروعات طاقة الرياح منذ وضع قانون الطاقة المتجددة، ومؤخراً في عام 2011 بدأت تقديم نفس الدعم للطاقة الكهروضوئية. ورغم ذلك، فإنه في ظل التكلفة الحالية لا تستطيع طاقة الرياح والطاقة الشمسية منافسة الفحم دون الدعم الحكومي المباشر والمستمر.

ب- التكلفة المقارنة للفحم هي الأرخص في الصين ضمن البدائل السابقة، ويرجع ذلك إلى توافر احتياطيات كبيرة جداً منه. ولكن انخفاض تكلفة الفحم لا ينفي أنه أكبر ملوث للبيئة عالمياً. ويعتبر هو الدافع الأبرز وراء الاعتماد على الطاقة المتجددة. ذلك أن إفراط الصين في استخدام الفحم دفعها لتكون ثاني أكبر باعث للكربون على مستوى العالم بعد الولايات المتحدة، وواحدة من أعلى الدول في تلوث الهواء.

ج- هناك أسباب أخرى لانخفاض التكلفة المقارنة للفحم من بينها عدم وجود تسعير صريح للآثار الخارجية البيئية للفحم. وتفضل الحكومة الصينية استخدام سياسة تجارة الانبعاثات Emissions Trading (ETs) بدلاً من فرض ضرائب مباشرة على الكربون على اعتبار أن تجارة الانبعاثات أكثر فاعلية، بالإضافة لصعوبة فرض ضرائب جديدة أياً كان مسماها تجنباً لإثارة قلاقل مجتمعية وسياسية ضدها، خاصة وأن الصين تتميز بمعدلات ضريبية مرتفعة مقارنة بمعظم دول العالم. وبالتالي تفضل إدخال سياسة تعتمد أكثر على السوق[9]. ويرى البعض إمكانية استخدام ضريبة الكربون كمكمل لتجارة الانبعاثات في تغطية قطاعات لا تشملها تجارة الانبعاثات مثل الإسكان والنقل (Wang, 2015: 5).

[9] تجارة الانبعاثات الكربونية عبارة عن آلية تعتمد على السوق في تحقيق أهداف خفض الانبعاثات، حيث يتاح لمن لم يستطع تحقيق الحصة الملزم بخفضها أن يشتري حصته ممن تجاوز الهدف المطلوب. وهو يشبه نظام الشهادات الخضراء في إنتاج الطاقة المتجددة.

هذا، وقد استخدمت الحكومة الصينية التكاليف الإضافية Surcharge costs (SC)، وهي إحدى الوسائل المتبعة لتمويل تعريفة التغذية للطاقة المتجددة حتى تظل أعلى من تكلفة الإنتاج وأعلى من المصادر الأخرى. ويظهر تطور قيمتها في الجدول التالي:

جدول رقم (2-11)

تطور قيمة التكلفة الإضافية في الصين خلال الفترة (2006-2016) بـ(يوان/كيلووات ساعة)

السنة	التكلفة الإضافية
2006	0,001
2009	0,004
2011	0,008
2013	0,015
2016	0,019

Source: Yuanyuan, 2016: 12.

ويتحمل هذه التكاليف، فقط أصحاب المشروعات الصناعية أو التجارية في الصين. بينما تَحَملها كل المستهلكين النهائيين في ألمانيا. والملاحظ من تطور قيمة التكلفة الإضافية في الصين، أنها بدأت من 0,001 يوان لكل ك.و.س عام 2006، ثم زادت إلى 0,004 يوان عام 2009، ثم 0,015 يوان عام 2013، وكانت نسبتها في ذلك الوقت من سعر الكهرباء الإجمالي لا تتخطى 1,5%. وتُفرَض هذه التكلفة لسد فجوة دعم الطاقة المتجددة. ورغم الزيادة المتتالية في التكلفة الإضافية إلا أن فجوة دعم الطاقة المتجددة ما تزال مستمرة. ففي عام 2014 بلغ إجمالي مستحقات دعم الطاقة المتجددة 70 مليار يوان (10,3 مليار دولار)، ولم يتم توفير منها سوى 40 مليار يوان (5,9 مليار دولار)، الأمر الذي يفرض على الصين استخدام أدوات السوق مثل تجارة الانبعاثات لتسريع عملية إلغاء الدعم وتخفيف العبء عن الحكومة. وفي النصف الأول من عام 2015 وصل إجمالي التكلفة الإضافية إلى 55 مليار يوان (8,1 مليار دولار). ويُتوقع استمرار زيادتها، لعدة أسباب منها أن القدرات المركبة للمشروعات الجديدة لا تسير على نفس الوتيرة في كل المقاطعات، الأمر الذي يجعل فجوة الدعم مختلفة من مكان لآخر. وهذا يستدعى تمييزاً في تعريفة التغذية، ومن ثم تمييزاً في التكلفة الإضافية. أيضاً، تلجأ بعض الشركات إلى إنشاء مصانع خاصة بها لإنتاج الطاقة المتجددة، الأمر الذي يُغنيها عن شراء الطاقة المتجددة من الشبكة ودفع التكلفة الإضافية، ومن ثم فهي تساهم بشكل أقل في دعم الطاقة المتجددة (Irena, 2014: 46).

5-2 سياسات استخدام الطاقة المتجددة:

تعتبر الحكومة المركزية في الصين بمثابة القائد والمنظم والمحرك للأطراف الأخرى. ويتلخص دور الحكومة في تحديد تعريفة التغذية لمشروعات الطاقة المتجددة، وتحديد من يشتري الكهرباء، ومصادر تمويل التكلفة الإضافية، وحصص شركات الشبكة في شراء الكهرباء وتوزيعها. وتشارك الحكومة المركزية بقوة في مشاريع استغلال طاقة الرياح، وتقديم الدعم المالي المباشر لها. أما الحكومات المحلية وقطاع التمويل فهما مستقبلان لإشارات السياسة الحكومية المركزية. وتشارك الحكومات المحلية أيضاً في مشروعات طاقة الرياح، والطاقة المتجددة عموماً لعدة أغراض منها: زيادة حجم الاستثمارات داخل المقاطعة، وخلق فرص

العمل، وتنمية العوائد الضريبية، وتطوير صناعات مكملة. ولم تتدخل الحكومة المركزية بنفس القدر في تنمية الطاقة الكهروضوئية، تاركةً الأمر للمصنعين والحكومات المحلية حتى عام 2011. وعندما فقدت الصين حصتها الضخمة في الأسواق الدولية للخلايا الكهروضوئية، قامت الحكومة بتقديم الدعم للطاقة الكهروضوئية مع التوجه نحو السوق المحلي. ويظهر ذلك في القفزة الكبيرة للقدرات المركبة من الطاقة الكهروضوئية، والتي زادت من 800 م.و فقط عام 2010 إلى 3300 م.و عام 2011، ثم زيادة تقارب الستة أضعاف في العامين التاليين، حتى وصلت إلى 17450 م.و عام 2013 (Ming et al, 2014: 31-32).

وقد بدأت الصين في تطبيق **تعريفة التغذية** لأول مرة عام 2003 لدعم طاقة الرياح فقط. وتم تأكيد ذلك عام 2005 عند صدور قانون الطاقة المتجددة. وقد كانت تعريفة التغذية في البداية "تفاضلية" بمعنى أنه يتم تحديدها لكل مشروع على حدة دون معايير دقيقة وموحدة. وأدى ذلك إلى خلق تنافس شديد بين كبار منتجي الطاقة الذين تمتلكهم الدولة، فظهرت المضاربة، مما أثر على تنفيذ المشروعات في الواقع. وتعاملت الحكومة المركزية مع ذلك عام 2009 بوضع حد أقصى وأدنى لتعريفة التغذية. ولم يتعد الفرق بين الحدين الأقصى والأدنى 0,1 يوان لكل كيلووات/ساعة. وتزيد قيمة التعريفة أو تنقص بناءً على موقع مزرعة الرياح فقط، لكنها لا تخرج عن الحدود السابقة. أما الخلايا الكهروضوئية فلم تحدد لها تعريفة تغذية إلا عام 2011. وقُدرت التعريفة بـ 1 يوان/ ك.و.س ، وهو مستوى مرتفع مقارنة بطاقة الرياح، كما يُبين الجدول التالي. ويرجع السبب إلى توجه الحكومة نحو السوق المحلي على إثر الإغلاق المتعمد للأسواق الدولية في وجه صادراتها. وترتب على ذلك نمواً سريعاً في القدرات المركبة للطاقة الكهروضوئية، حتى وصلت نسبتها إلى 9% تقريباً من إجمالي القدرات عام 2015 (Lo, 2014: 3).

جدول رقم (2-12) تعريفة التغذية في بعض الدول المختلفة (يوان/ كيلووات ساعة)

الدولة	تعريفة التغذية لطاقة الرياح	تعريفة التغذية للطاقة الشمسية
الصين	0,61 - 0,51	1,0
ألمانيا	0,80 - 0,40	1,71
كندا	1,01 - 0,85	2,96 – 2,80
أسبانيا	0,64	2,34
المملكة المتحدة	2,17 – 0,42	1,55 – 0,69

Source: Lo, 2014: 3.

لا تختلف تعريفة التغذية لطاقة الرياح في الصين عن مثيلاتها في دول أخرى مثل ألمانيا وأسبانيا. ورغم أن تعريفة التغذية للطاقة الكهروضوئية أعلى من طاقة الرياح في الصين إلا أنها لا توفر التحفيز الكافي لنمو وتطور التكنولوجيا. ويرجع ذلك إلى فشل سياسة التعريفة في استيعاب الاختلافات الجغرافية الكبيرة بين أرجاء الصين ومن ثم توزيع الموارد (Hu et al, 2013: 43).

وقد تكفلت الحكومة المركزية بتمويل تعريفة التغذية حتى عام 2006، حين بدأت بدمج تكلفة إضافية قيمتها 0,001 يوان لدعم الطلب المتزايد على تعريفة التغذية في أعقاب النمو السريع للطاقة المتجددة. ورغم زيادة التكلفة الإضافية فيما بعد إلا أن نسبتها من إجمالي سعر الكهرباء تعادل 1,5%، وهي أقل من ألمانيا، التي تمثل التكلفة الإضافية فيها 20% من إجمالي سعر الكهرباء. ويتيح انخفاض نسبة التكلفة الإضافية

مساحة أكبر للتوسع في تعريفة التغذية فيما بعد، بينما يسمح ارتفاع متوسط دخل الفرد في ألمانيا وزيادة الوعي بأهمية الطاقة المتجددة بتقبل ارتفاع التكلفة الإضافية على عكس دول أخرى.

وقامت الصين بتطبيق **سياسة الحصص الملزمة** لأول مرة عام 2007. ويوجد منها نوعين: الأول هو سياسة الحصص الضعيفة حيث يكون تحديد الحصص طوعياً ومتطلبات الامتثال غير ملزمة. أما النوع الثاني فهو سياسة الحصص القوية حيث تُفرض غرامات مالية على من يفشل في تحقيق الحصة الملزم بها. وقد قامت الحكومة المركزية في البداية بوضع أهداف لشركات الإنتاج المملوكة للدولة لتحقيقها بحلول عام 2010، وتمثلت في إنتاج نسبة معينة من الكهرباء من مصادر متجددة غير الطاقة الكهرومائية. لكن لم تحقق أي من الشركات أهدافها لعدة أسباب منها عدم تحديد الأهداف بشكل دقيق وفقاً لقدرات كل شركة، ومتطلبات الامتثال لم تكن ملزمة، ولم تُعلن آليات الثواب والعقاب. ولذلك، صُنفت على أنها سياسة ضعيفة.

وفي عام 2011، تم إدخال بعض التعديلات الإضافية لتحسين السياسة منها، وضع أهداف فردية لكل منتج للطاقة على حدة وبما يناسب ظروفه وقدراته لتصبح الأهداف أكثر واقعية، وتكليف بعض اللجان بمتابعة مدى الالتزام بتحقيق الأهداف على أساس شهرى. كما استُخدِمت شهادات الطاقة المتجددة لتتبع تنفيذ الأهداف. وأخيراً، عقاب مديرى الشركات بتقييم سيئ للآداء في حالة فشلهم بتحقيق الأهداف في الشركات المملوكة للدولة. ومع ذلك، ينبغي الأخذ في الاعتبار أن سياسة الحصص الصينية لا تميز بين التقنيات المختلفة لإنتاج الطاقة المتجددة. ومن شأن ذلك أن تهيمن طاقة الرياح ذات التكلفة المنخفضة على السوق. وقد تُزاحم التقنيات الناشئة ذات التكلفة الأعلى مثل الطاقة الكهروضوئية، وتعوق نموها وتطويرها. وكذلك، لم تستخدم الحكومة الغرامات المالية التي ثبتت فعاليتها في دول أخرى. وربما يرجع ذلك إلى أن هذه السياسة طبقت بالدرجة الأولى على شركات تمتلكها الدولة. وأخيراً، يفاضل البعض بين استخدام تعريفة التغذية، وسياسة الحصص. وقد أثبتت التجربة الصينية إمكانية تنفيذ الإثنتين معاً (Lo, 2014: 2) .

ولجأت الصين إلى تطبيق سياسة **متطلبات المحتوى المحلي**، تماشياً مع أولويات التنمية الاقتصادية منذ عام 1996. وقد اشترطت الصين في البداية أن تكون نسبة 40% من مكونات تكنولوجيا طاقة الرياح محلية. وفي عام 2004، ارتفعت النسبة إلى 70%، الأمر الذي دفع الشركات الدولية المصنعة لتوربينات الرياح لإنشاء فروع لها في الصين، أو مصانع لدمج المكونات صينية الصنع (Carol and Stefes, 2016: 152). واستمرت الصين في اتباع هذه السياسة حتى تمكنت من تعزيز القدرات المحلية لتكنولوجيا طاقة الرياح خلال السنوات الأولى الحرجة. ومن أهم السياسات التي اتبعتها الصين لدعم الطاقة المتجددة، سياسة **الإغلاق القسري** للبدائل الملوثة للبيئة. حيث استخدمت الحكومة المركزية سلطاتها الإجبارية في إغلاق محطات الفحم الصغيرة بدءاً من عام 1999. وفي عام 2006 صدر قرار بالإغلاق القسري لعدد 12 محطة من المحطات كثيفة الانبعاثات مع التعويضات اللازمة. واستُخدمت التعويضات في سداد الديون ثم تعويض العاملين. ووضحت فعالية هذه السياسة، بانخفاض نسبة الفحم في إنتاج الطاقة من 70,6% عام 1999 إلى 68,5% عام 2000 و 68% عام 2001. وعندما ارتفعت نسبة الفحم مرة أخرى إلى 72,4% عام 2005 صدر قانون الطاقة المتجددة، لتنخفض نسبته في السنوات التالية وصولاً إلى 66% من إجمالي استهلاك الطاقة (Lo, 2014: 3). ولم تتوان الصين عن تقديم **الدعم المباشر لتصنيع معدات الطاقة المتجددة**. وقد شمل هذا الدعم أشكالاً عدة، تظهر بوضوح في الجدول التالي:

جدول رقم (2-13) الدعم المالي للطاقة المتجددة في الصين

الآلية	الهدف والإجراءات
منح R&D	تقديم منح مالية مباشرة لزيادة الابتكار في تقنيات محددة.
مختبرات وطنية للبحث والتطوير	إنشاء مراكز بحثية وطنية لدعم جميع تقنيات الطاقة المتجددة، فمثلاً عندما حدث نقص للعرض في مادة البولي سيليكون المستخدمة في تقنية PV، قامت الحكومة بإنشاء عدد كبير من المراكز البحثية الوطنية لعلاج المشكلة حتى وصل عددها عام 2010 إلى 38 مركز بحثي وطني.
إعفاءات ضريبية	قدمت الحكومة إعفاءات ضريبية واسعة لاستيراد المكونات الخارجية اللازمة للمصنعين المحليين.
مزايا تفضيلية للتصدير	وتحديداً لصناعة الخلايا الكهروضوئية لأغراض التصدير
قروض منخفضة الفائدة	استثمرت البنوك المملوكة للدولة والحكومات المحلية مبالغ كبيرة في صناعات طاقة الرياح والطاقة الشمسية، وصلت في عام 2010 من بنك التنمية الصيني فقط 30 مليار دولار في شكل قروض منخفضة الفائدة لأفضل مصنعي ومصدري الخلايا الكهروضوئية.

Source: Carol and Stefes, 2016: 152.

وقدمت الحكومة دعمها المالي بشكل مباشر لنشر **تطبيقات الطاقة الشمسية**، وتحديداً سخانات المياه بالطاقة الشمسية. وتسارع نمو المساحات المركبة منها دون دعم حكومي من 26 مليون متر مربع عام 2000 إلى 145 مليون متر مربع عام 2009. ويبدو أن ذلك لم يكن مقنعاً للحكومة فقامت وزارة المالية بإطلاق برنامج لدعم المواطنين عند شراء السخانات الشمسية بنسبة معينة من سعرها. وتزيد هذه النسبة لسكان الريف عن الحضر (Lo, 2014: 6).

وقامت الصين بتشجيع إنتاج الوقود الحيوي، بداية **بالاستثمار في البحث العلمي** وتطوير تكنولوجيات الوقود الحيوي للإنتاج التجاري بغرض استخدامها في قطاع النقل، وذلك قبل عام 2000. في تلك المرحلة قدمت الحكومة المركزية الدعم المالي لتطوير تكنولوجيات معالجة الإيثانول الحيوي والديزل. وبعد سنوات من دعم الحكومة دخلت التكنولوجيا إلى السوق. وفي المرحلة التالية التي سميت بمرحلة الاستخدام التجريبي تم مزج الوقود الحيوي بالأحفوري في السيارات. وقد وقع الاختيار على التكنولوجيا المعتمدة على القمح والذرة لغرض الاستفادة من مخزونات القمح والذرة الفائضة في الصين. ومع استمرار التجارب تمت الموافقة على إقامة أربعة مصانع كبيرة لإنتاج الإيثانول الحيوي من الحبوب تحت رعاية الحكومة المركزية، والتزمت الحكومة بتغطية الخسائر التي تكبدتها مصانع الإيثانول وتوفير ربح معقول. وتقوم هذه المصانع الأربعة بإنتاج الوقود الحيوي وبيعه لشركات الطاقة الملوكة للدولة، والتي تقوم بدورها بمزجه بنسب معينة مع النفط وتوزيعه على محطات الوقود التي تمتلكها الحكومة أيضاً.

وفي عام 2005، سمح قانون الطاقة المتجددة بدخول القطاع الخاص، وحُددت تعريفة تغذية لتشجيع إنتاجه. وتضمن قانون الطاقة المتجددة، إلغاء ضريبة القيمة المضافة للوقود الحيوي، واستمرار تغطية الحكومة للخسائر مع ربح معقول للمصانع. وأتاح القانون أيضاً مساعدة صندوق الطاقة المتجددة في تنمية أبحاث الوقود الحيوي، وتقييم موارد المواد الخام، ومتابعة استخدام المعدات محلية الصنع.

وكان الدافع الأساسي وراء تأسيس صناعة الوقود الحيوي من الحبوب وجود مخزونات كبيرة منها تعود لأكثرمن عامين، ما جعل أسعار الحبوب تهبط لأدنى مستوياتها. ومن ثم، كان إنتاج الوقود الحيوي يستهدف

استخدام الحبوب القديمة (المنتجة منذ سنتين أو أكثر). لكن عملية الإنتاج الفعلية لم تميز بين الحبوب الجديدة والقديمة. وبدأ التوسع في إنتاج الوقود الحيوي يمارس أثره في المنافسة على الأراضي الزراعية المتاحة للغذاء. وزادت مخاوف الحكومة الصينية بشأن الأمن الغذائي خاصة مع ارتفاع أسعار الغذاء عالمياً عامي 2006 و2007 (Qiu et al, 2012: 4-6). وبناءً عليه، قامت الحكومة المركزية بتعديل استراتيجيتها في المراحل التالية، وأصدرت عدة قرارات هامة من بينها:

أ- اشتراط موافقة الحكومة المركزية قبل بناء أي مصنع جديد لإنتاج الوقود الحيوي.

ب- تحويل الدعم الثابت إلى دعم مرن يضمن مستوى ربح للصناعة بأكملها، بمعنى أن المصانع ذات التكلفة المنخفضة تحقق أرباحاً، وتحقق ذات التكلفة المرتفعة خسائراً.

ج- تقديم الدعم المالي لمصانع الوقود الحيوي من غير الحبوب في شكل قروض منخفضة الفائدة، وإعانات مباشرة لتعزيز إنتاج المواد الأولية للصناعة مثل نباتات الجاتروفا في الأراضي غير الصالحة، وتقديم دعم مباشر عن كل هكتار تقوم باستصلاحه هذه المصانع.

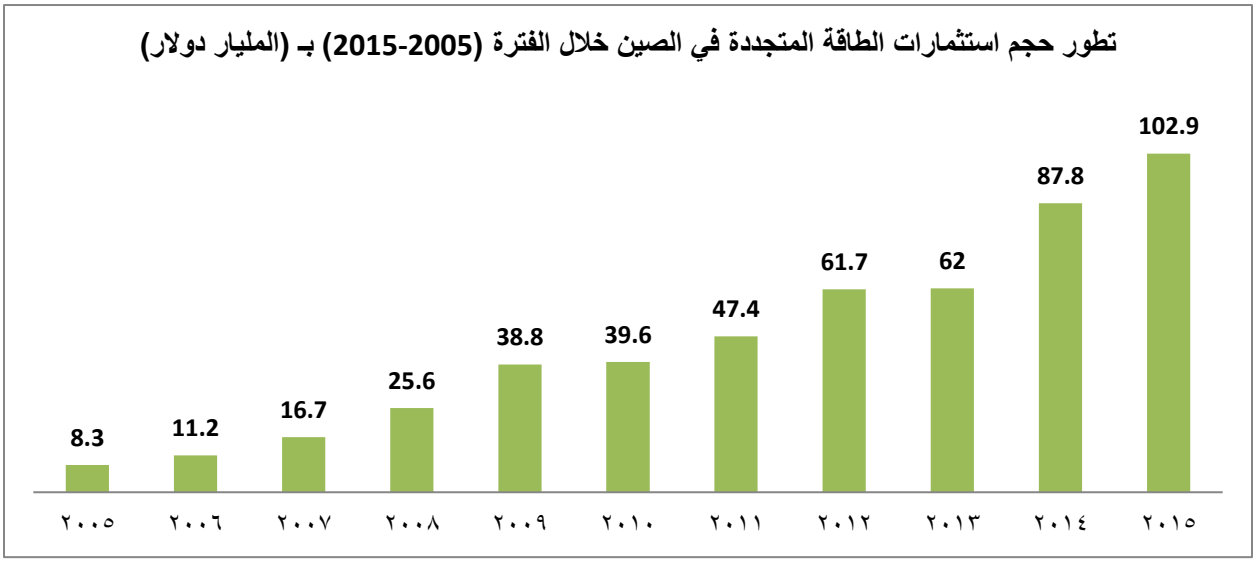
ولعل هذا التغيير الإستراتيجي في سياسة الحكومة هو السبب وراء ضعف معدلات نمو طاقة الوقود الحيوي حيث كانت نسبتها في القدرات المركبة الإجمالية 2% عام 2003. ارتفعت هذه النسبة إلى أقصاها 2,57% عام 2011، ثم انخفضت مرة أخرى حتى وصلت إلى 2,15% عام 2015.

5-3 استثمارات الطاقة المتجددة ومصادر التمويل:

واصلت صناعة الطاقة المتجددة نموها السريع منذ عام 2006 لتتصدر دول العالم، خاصة في القدرات المركبة وحجم الاستثمار. ورغم ذلك، لايزال هناك بعض التحديات على مستوى الاستثمار والتمويل. ويظهر من الشكل التالي، أن استثمارات الطاقة المتجددة بدأت بـ 8,3 مليار دولار عام 2005 ثم ارتفعت إلى 11,2 مليار دولار العام التالي، واستمرت في الارتفاع بمعدلات جيدة حتى وصلت إلى 38,8 مليار دولار عام 2009. ومثل باقي دول العالم، تأثرت الصين بالأزمة المالية العالمية وإن كان بشكل أقل، حيث زادت استثمارات الطاقة المتجددة بنسبة ضئيلة جداً مقارنة بما سبق، فوصلت إلى 39,6 مليار دولار عام 2010. وعاودت الصين قفزاتها على مستوى استثمارات الطاقة المتجددة مدعومة بالتعديلات التي حدثت في قانون الطاقة المتجددة عام 2009. وفي عامي 2011 و2012 زاد حجم الاستثمارات على التوالى إلى 47,4 و 61,7 مليار دولار.

وما لبثت أن تعرضت الصين لأزمة أشد عام 2013، ترتب عليها زيادة استثمارات الطاقة المتجددة بمقدار 0,3 مليار دولار فقط لتصل إلى 62 مليار دولار، حيث فقدت الصين حصتها في الأسواق الدولية، التي وصلت إلى 60% من صادرات الخلايا الكهروضوئية نتيجة لسياسات مكافحة الإغراق كإجراء مضاد للدعم الصيني للطاقة المتجددة. وقد أدى تراجع استثمارات الصين وحدها إلى انخفاض حجم الاستثمارات العالمية في الطاقة المتجددة بنسبة 16% تقريباً بين عامي 2011 و2013.

شكل رقم (2- 12)



Source: REN21, 2016: 29.

وكان من فوائد ذلك، أن تحولت الحكومة الصينية نحو توسيع السوق المحلي عن طريق نشر تطبيقات الطاقة المتجددة محلياً، وعدم التعويل على العائد من التصدير فقط. وفي العامين التاليين (عامي 2014 و2015) زادت استثمارات الطاقة المتجددة لتصل إلى 87,8 و102,9 مليار دولار على الترتيب. وهي بذلك تمثل ما نسبته 36% من الاستثمارات العالمية لعام 2015.

وتعتبر الحكومة أو الشركات المملوكة للدولة هي المستثمر الرئيس في مشروعات طاقة الرياح بنسبة تقترب من 84,3%، فيما كان نصيب القطاع الخاص، والاستثمارات ذات التمويل الأجنبي، والمشاريع المشتركة، 3,2%، 1,8%، 0,2% على التوالي وذلك عام 2011، والباقي لأطراف أخرى. بينما بلغت استثمارات الحكومة في الطاقة الكهروضوئية نفس العام حوالي 60,3%، وكان نصيب كل من القطاع الخاص، وأصحاب التمويل الأجنبي، والمشروعات المشتركة، 4,6%، 2,8%، 10,4% على الترتيب. وباقي النسبة موزعة على أطراف أخرى. ورغم سيطرة استثمارات الحكومة في كلا النوعين إلا أن هيكل الاستثمار يُظهر أن اهتمام الحكومة المركزية بطاقة الرياح أكبر من الطاقة الكهروضوئية، التي تترك المجال فيها بشكل أكبر للقطاع الخاص وغيره (Ming et al, 2014: 28-29).

ومن المفترض أنه مع توجه الحكومة نحو السوق المحلي أن تزيد الاستثمارات الخاصة. ولكن لن تتغير النسب السابقة كثيراً نظراً للتركيز الحكومي على المشروعات الضخمة في تلبية الطلب الكبير جداً على الكهرباء. ومثل هذه المشروعات لا تقوم بها إلا كبرى الشركات المملوكة للدولة. لذلك، ليس من المرجح أن تزداد نسب مساهمة المواطن أو القطاع الخاص في إنتاج الطاقة المتجددة في الأجل القريب.

وقد اعتمد المستثمرون على ثلاثة أساليب تمويلية مختلفة (Ming et al, 2014: 29)، هي:

أ- تمويل الشركات: ولجأت إليه الشركات الكبرى في الصين وخاصة المملوكة للدولة، وأغلب قروضها كانت من البنوك وأسواق المال.

ب- تمويل المشاريع: وقد لجأت إليه الشركات ذات التمويل الأجنبي، وبصفة خاصة مصنعوا طاقة الرياح، والطاقة الكهروضوئية. وأشهر أنواع هذا التمويل نظام الـ BOT[10].

ج- التأجير التمويلي: ويقصد به تمويل شراء الأصول الرأسمالية لصالح المستثمر، على أن يقوم الأخير بدفع قيمة استئجاره للأصل لمدة معينة، مع خيار الشراء نهاية العقد.

أما هيكل التمويل، فقد كان مقسماً كما في الجدول التالي:

جدول رقم (2-14) هيكل تمويل الطاقة المتجددة في الصين

طاقة الرياح	الطاقة الكهروضوئية	
	مشروعات مركزية (متصلة بالشبكة)	نظم لامركزية (مستقلة)
20% رأس المال 80% قروض سواءً كانت شركات مملوكة للدولة أو للقطاع الخاص	<u>شركة مملوكة للدولة</u> 20% رأس المال 80% قروض	<u>آخرين</u> 100% رأس المال ولا توجد قروض بنكية	50% إعانات حكومية والباقي إما من رأس المال وإما موزعة بين رأس المال والقروض البنكية

المصدر: إعداد الباحث من خلال بيانات Ming et al, 2014: 29.

وبالنظر إلى منظومة تمويل الطاقة المتجددة في الصين، يمكن ملاحظة أن الاقتراض المباشر من البنوك هو آلية التمويل الأساسية وربما الوحيدة تقريباً. ولكن ارتفاع نسبة القروض في مشروعات الطاقة المتجددة أو انخفاض رأس المال سيؤدي إلى ارتفاع مستوى الديون طويلة الأجل، وهشاشة رأس المال، الأمر الذي يرفع مستوى المخاطر المالية والتشغيلية. وبناءً عليه، لابد من تطوير وتنويع وسائل التمويل، وزيادة التمويل بالأسهم على حساب التمويل بالدين. وتسهل ملاحظة تراجع الدور المحدود للمشروعات الصغيرة والمتوسطة وللمواطنين الأفراد - على عكس التجربة الألمانية – بسبب تعقد إجراءات المشاريع وطول مدتها حيث تتراوح بين سنة وثلاث سنوات، وأيضاً صعوبة حصولهم على التمويل مقارنة بالمشروعات الكبيرة، فضلاً عن مزاحمة المشروعات الحكومية لها على مصادر التمويل، وكذلك عدم وجود كيانات تجمع الأفراد وتنظم مشاركتهم في إنتاج الطاقة المتجددة(Ming et al, 2014: 33) .

6- أبرز الآثار الاقتصادية لاستخدام الطاقة المتجددة:

اختلفت دوافع الصين للتحول نحو الطاقة المتجددة عن دوافع ألمانيا، ومن ثم اختلفت الاستراتيجية العامة لكل منهما. فكان الدافع الأساسي للصين هو المشاركة في سلسلة القيمة العالمية ثم تقليل انبعاثات ثاني أكسيد

[10] BOT = Build–operate–transfer ويقصد بها البناء والتشغيل ونقل الملكية

الكربون وتخفيف حدة تلوث الهواء في أغلب المقاطعات. بينما ركزت ألمانيا على تأمين إمدادات الطاقة، ثم تقليل الانبعاثات.

وبناءً عليه، كانت أولى إيجابيات الطاقة المتجددة أن أصبحت الصين أهم حلقة في **سلسلة القيمة العالمية** لمشروعات الطاقة الكهروضوئية بدءاً من تصنيع السليكون والخلايا وحتى التركيب. وهي أكبر منتج للخلايا الكهروضوئية عالمياً. وحتى بعد أن تدهورت ظروف السوق الدولية وظهر فائض من القدرات التصنيعية الضخمة توجهت نحو السوق المحلي حتى وصلت القدرة المركبة محلياً إلى 77 ج.و عام 2016 بعد أن كانت أقل من 140 م.و عام 2008 (Ye et al, 2017: 496-497). وتحققت للصين زيادة كبيرة في **الوفورات من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون**. وفي هذا الصدد، يُذكَر أنه من حيث استهلاك الطاقة تحتل الصين المرتبة الثانية عالمياً، ومن حيث إنتاج واستهلاك الفحم تحتل الصين المرتبة الأولى، وبالتالي فهي تساهم بنسبة كبيرة في انبعاثات غازات الدفيئة (Co_2) وملوثات الهواء الرئيسية (SO2). وداخل حدود الصين، ساهم استهلاك الفحم عام 2012 عن طريق الاحتراق المباشر بنسبة 93% من انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت في الصين. أما انبعاثات Co_2 فيساهم قطاع الطاقة فيها بنسبة 90%، والفحم وحده يقف وراء أكثر من 80% من انبعاثات هذا القطاع (Li et al, 2016: 12).

وقد ارتفع نصيب الصين من الانبعاثات العالمية لـ Co_2 بسبب الاحتراق المباشر للوقود من 14% عام 2000 إلى 28% عام 2013. وظلت هذه النسبة كما هي في عام 2014، مما يشير إلى انخفاض معدلات الانبعاثات.

جدول رقم (2-15)

تطور حجم انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في الصين نتيجة احتراق الوقود الأحفوري في الفترة (2000- 2014)

السنة	حجم الانبعاثات بـ (مليون طن مكافئ Co_2)	النسبة إلى الانبعاثات العالمية
2000	3126,5	14%
2005	5399,4	20%
2010	7749	25%
2013	9025,9	28%
2014	9134,9	28%

Source: IEA, 2016: 67.

وفقاً للجدول السابق، زادت انبعاثات Co_2 بمقدار 2273 مليون طن مكافئ بين عامي 2000 و 2005، أما الزيادة التالية فكانت بمقدار 2349,6 بين عامي 2005 و 2010، ومع هذه الزيادات ارتفع نصيب الصين عالمياً في الانبعاثات من 14% عام 2000 إلى 25% عام 2010. لكن ما بين عامي 2010 و 2014 زادت إنبعاثات Co_2 بمقدار 1385,9 مليون طن مكافئ Co_2، أي حوالي 59% فقط من الزيادة السابقة بين عامي 2005 و 2010. وإذا ما أخذنا في الاعتبار تراجع نصيب الفحم في استهلاك الطاقة االأولية كما في الشكل السابق رقم (2- 11) من 73,49% عام 2005 إلى 63,72% عام 2015، لصالح نمو الطاقة المتجددة من 5,1% إلى 10,54% خلال نفس الفترة؛ يمكن معرفة السبب الأساسي وراء وفورات انبعاثات Co_2.

جدول رقم (2 -16)

تطور مقدار الوفر في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون نتيجة استخدام الطاقة المتجددة في الصين خلال الفترة (2000 -2014)

السنة	حجم إنتاج الكهرباء من الطاقة المتجددة (ميجاوات ساعة)	انبعاثات Co_2 من الطاقة المتجددة (مليون طن مكافئ Co_2)	انبعاثات الوقود المستبدل (مليون طن مكافئ Co_2)	الوفر في الانبعاثات
2000	228,089	0,9	225,6	224,7
2001	283,261	1,1	280,1	279,0
2002	293,930	1,2	290,7	289,5
2003	289,801	1,1	286,6	285,5
2004	359,955	1,4	356,0	354,4
2005	406,185	1,7	401,7	400,0
2006	427,907	1,8	423,2	421,4
2007	491,603	2,2	468,2	484,0
2008	597,060	2,7	590,4	587,7
2009	624,653	3,0	617,7	614,7
2010	771,769	3,8	763,2	759,4
2011	804,970	4,3	796,0	791,7
2012	1001,701	5,5	990,6	985,1
2013	1088,335	6,4	1076	1069,6
2014	1262,279	7,7	1252	1244,3

المصدر: إعداد الباحث بالاستناد إلى بيانات www.Irena.org

*حجم إنتاج الكهرباء من الطاقة المتجددة والوفر في الانبعاثات يشمل (الطاقة الشمسية، وطاقة الرياح، والطاقة الكهرومائية، وطاقة الكتلة الحيوية).

*انبعاثات الوقود المستبدل يقصد بها مقدار الانبعاثات التي كانت ستنطلق إذا أنتجت هذه الكمية من الكهرباء باستخدام الوقود الأحفوري.

*الوفر في الانبعاثات = انبعاثات الوقود المستبدل - انبعاثات Co_2 من أنواع الطاقة المتجددة.

ويلاحظ من الجدول السابق:

أ- أن حجم انبعاثات الطاقة المتجددة وصل إلى 7,7 مليون طن مكافئ Co_2، وذلك على خلفية إنتاج 1262 م.و.س من الكهرباء المتجددة عام 2014، وهذه لو كان تم إنتاجها بواسطة الوقود الأحفوري لكان حجم الانبعاثات على إثرها حوالي 1252 مليون طن مكافئ Co_2، أي بمعدل مليون طن Co_2 تقريباً لكل م.و.س من الكهرباء. في المقابل فإن كل م.و.س من الطاقة المتجددة ينبعث منه 0,006 مليون طن مكافئ Co_2.

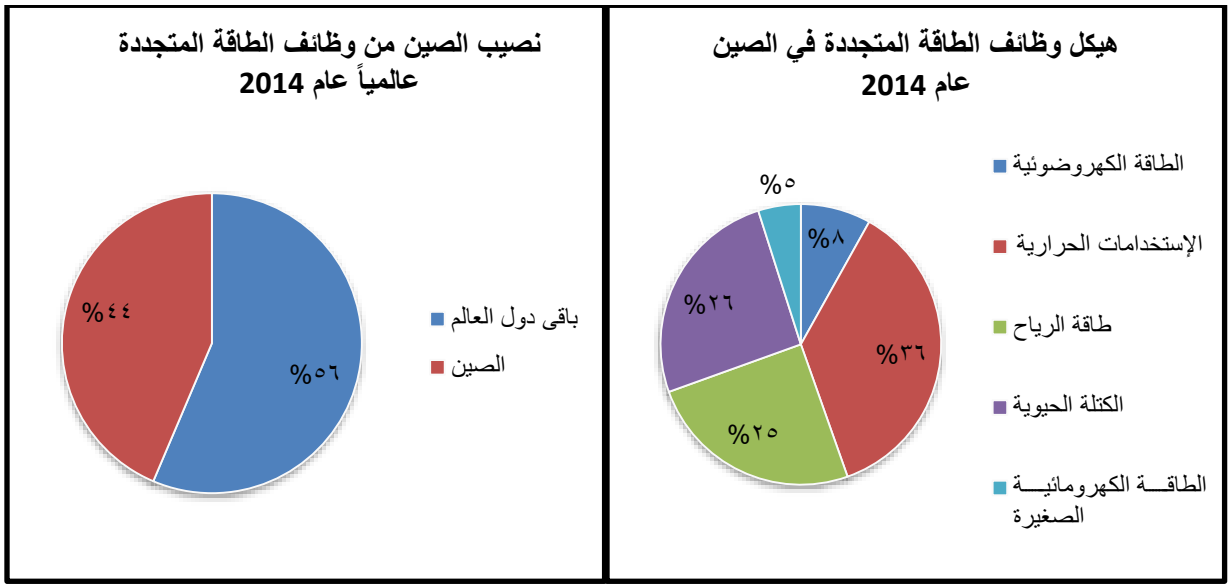
ب- إذا أضيف حجم الوفر في الانبعاثات عام 2014 وهو 1244,3 مليون طن Co_2 إلى حجم الانبعاثات الإضافية بين عامي 2010 و 2014، والتي تساوي 1385,9 مليون طن كما في الجدول (2 -15)، لكانت الزيادة في الانبعاثات بين 2010 و 2014 وصلت إلى 2630,2 مليون طن مكافئ Co_2، ولكانت زيادة أكبر من سابقتيها، مع ملاحظة أن هذه الزيادة خلال أربع سنوات وليس خمسة.

ج- هيكل الوقود المستبدل بالطاقة المتجددة في الصين يتمثل في الفحم بنسبة 97,5%، والغاز الطبيعي بنسبة 2,4%، والنفط بنسبة 0,2%. ويقصد بذلك أن كل مليون طن من وفورات الانبعاثات، نصيب

الفحم منها 97,5% والباقي للغاز الطبيعي والنفط. ويرجع ذلك إلى ارتفاع نسبة الفحم في هيكل استهلاك الطاقة الأولية.

وقد أصبحت الصين بدايةً من عام 2009 ثاني أكبر مستورد للنفط في العالم بعد الولايات المتحدة، بنسبة وارادت تقل عن 50% من واردات الولايات المتحدة. وفي عام 2015، ما تزال الصين في المرتبة الثانية بعد الولايات المتحدة، ولكن نسبة وارداتها إلى واردات الولايات المتحدة أصبحت 87%. وتبلغ نسبة كل منهما في واردات النفط عالمياً 15,4 و 13,4% عام 2015 (Bp, 2016: 18)، لذا، فإن إحلال الصين للطاقة المتجددة محل النفط المستورد سيفيد جداً في **تأمين إمدادات الطاقة**. أما تخلي الصين عن إنتاج الفحم فلا يتعلق بتأمين الإمدادات، وإنما كان لأسباب بيئية في المقام الأول. فالصين هي أكبر منتج للفحم في العالم بنسبة 47,7%، واحتياطياتها ثالث أكبر احتياطي عالمياً بعد الولايات المتحدة وروسيا. وبالتالي فإن استمرار استبدال الفحم بالطاقة المتجددة سيضمن للصين تحقيق هدفها من خفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، واستبدال النفط بالطاقة المتجددة سيضمن لها تحقيق أمن الإمدادات. وبالإضافة لذلك، ساهم قطاع الطاقة المتجددة بشكل واضح في **توفير وظائف جديدة للعمالة الصينية**. ففي عام 2014 بلغ عدد الوظائف التي وفرها هذا القطاع ما يقرب من أربعة ملايين وظيفة، بنسبة تقارب 44% من إجمالي وظائف الطاقة المتجددة عالمياً. وهي موزعة كما يلي:

شكل رقم (2- 13)



المصدر: إعداد الباحث بالاعتماد على بيانات www.Irena.org

وهذه النسبة التي تقترب من النصف قد تبدو غير منطقية بالنظر إلى أن نصيب الصين من الاستثمارات العالمية للطاقة المتجددة عام 2015 بلغ 36%، ونصيبها من القدرات المركبة عالمياً وصل إلى 25%. بينما كانت نسبة وظائف الطاقة المتجددة في ألمانيا إلى إجمالي وظائف الطاقة المتجددة عالمياً 4,3% عام 2015، وكان نصيب استثمارات ألمانيا من الاستثمارات العالمية 5,2%. وكذلك في الولايات المتحدة (ثاني أكبر

قدرات مركبة للطاقة المتجددة عالمياً)، بلغت نسبة وظائف الطاقة المتجددة فيها إلى إجمالي الوظائف حوالي 9,5% عام 2015، وكان نصيبها من الاستثمارات العالمية في الطاقة المتجددة لا يزيد على 15,4%. ويظهر ذلك بوضوح في الجدول التالي:

جدول رقم (2 -17)

نسبة كل من الصين والولايات المتحدة وألمانيا في استثمارات ووظائف الطاقة المتجددة عالمياً عام 2015

السنة	الدولة	نسبتها من الاستثمارات العالمية في الطاقة المتجددة	نسبتها من وظائف الطاقة المتجددة عالمياً
2015	الصين	%36	%44
	الولايات المتحدة	%15,4	%9,5
	ألمانيا	%5,2	%4,3

المصدر: إعداد الباحث بالاعتماد على بيانات www.Irena.org

وفي كل من الولايات المتحدة وألمانيا يلاحظ وجود تناسب نوعاً ما بين نسبة وظائف الطاقة المتجددة ونصيب كل منها من استثمارات الطاقة المتجددة عالمياً، أو تكون نسبة الوظائف أقل من نسبة الاستثمارات. وذلك على عكس الصين، التي تزيد فيها نسبة الوظائف زيادة ملحوظة عن نسبة الاستثمارات. ومن الممكن إرجاع ذلك إلى هيكل استثمارات الطاقة المتجددة في الدول الثلاث، ففي ألمانيا مثلاً ترتفع نسبة استثمارات الأفراد (القطاع الخاص) في إجمالي الاستثمارات، حيث وصلت إلى ما يقرب من 49% أما ملكية الحكومة في مشروعات الطاقة المتجددة فلا تزيد عن 12,5% فقط. لذلك يقل عدد وظائف الطاقة المتجددة في ألمانيا. أما في الصين فقد وضح أن عملية التحول نحو الطاقة المتجددة قائمة على الدور المحوري للحكومة المركزية، كما أن نسبة استثمارات الحكومة في مشروعات طاقة الرياح والطاقة الشمسية تصل تقريباً إلى 80% و 60% من إجمالي الاستثمارات. لذلك يزداد عدد وظائف الطاقة المتجددة في الصين، حيث أن الحكومة لا تستثمر فقط وإنما تشرف وتراقب وتوجه مسار التحول نحو الطاقة المتجددة، ولا يمكن القيام بذلك إلا من خلال مزيد من الوظائف. وهناك سبب آخر، أن الصين تستهدف إقامة صناعات متكاملة للطاقة المتجددة بغرض التصدير للأسواق الدولية، ومن المعروف أن السوق الدولية أوسع بكثير من السوق المحلية، بينما تستهدف ألمانيا بالدرجة الأولى تحقيق أمن الطاقة بالاعتماد على مصادر محلية.

الفصل الثالث

واقع استخدامات الطاقة في مصر

المبحث الأول: هيكل إنتاج واستهلاك الطاقة التقليدية

المبحث الثانى: واقع استخدامات الطاقة المتجددة

المبحث الثالث: دوافع وتحديات زيادة الاعتماد على الطاقة المتجددة

مقدمة:

اعتمدت مصر على الوقود الأحفوري بنسبة 96,06% في هيكل استهلاك الطاقة الأولية عام 2015، وهذه النسبة يتشارك فيها كل من الغاز الطبيعي بـ 51,87%، والنفط بـ 47,28%، والفحم بأقل من 1%. أما مصادر الطاقة المتجددة فتمثل نسبتها في استهلاك الطاقة الأولية حوالي 3,94%، وتساهم الطاقة الكهرومائية بـ 88,23% منها، والباقي للطاقة الشمسية وطاقة الرياح. ويعتبر قطاع الكهرباء أكبر مستهلك للوقود الأحفوري بنسبة تصل إلى 42,4% عام 2015، يليه قطاع الصناعة ثم قطاع النقل. (Bp, 2016: 10-40).

ولا يختلف هيكل إنتاج الطاقة الكهربائية في مصر كثيراً عن مزيج استهلاك الطاقة الأولية، حيث تمثل كهرباء المحطات الحرارية حوالي 91,1%، وتمثل المحطات المائية حوالي 7,9%، والباقي (2%) يخص الطاقة الشمسية وطاقة الرياح. بينما وصلت نسبة إنتاج الكهرباء من الطاقة المتجددة عالمياً إلى 23,7%. ويتضح بذلك، وجود فجوة كبيرة بين النسبة المحلية والنسبة العالمية (هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، 2015: 11).

وتمتلك مصر دوافع كثيرة لتغيير مزيج الطاقة الحالي نحو مساهمة أكبر للطاقة المتجددة أبرزها الحفاظ على احتياطيات النفط والغاز والتي تمثل 0,2%، و1% فقط من الاحتياطيات العالمية، وأيضاً تحسين حالة البيئة في مصر والحد من الاحتباس الحراري، وتأمين إمدادات الطاقة المصرية بالاعتماد على مصادر محلية، بالإضافة إلى أن قدرة قطاع الطاقة المتجددة على خلق الوظائف أعلى بكثير من قطاع البترول. لكن عملية التغيير أو التحول تصطدم بعدد من التحديات على رأسها وجود بدائل أخرى مثل الطاقة النووية، وتأثير اكتشافات الوقود الأحفوري الجديدة وغيرها.

وفي هذا الفصل الذي ينقسم إلى ثلاثة مباحث سيتم مناقشة هذه القضايا، حيث يركز المبحث الأول على مزيج الطاقة الحالي لمصر، والسياسات المرتبطة بإنتاج واستهلاك الوقود الأحفوري، فيما يتناول المبحث الثاني الواقع الحالي لاستخدامات الطاقة المتجددة في مصر، ويأتي المبحث الثالث والأخير بعنوان دوافع وتحديات زيادة الاعتماد على الطاقة المتجددة في مصر.

المبحث الأول
هيكل إنتاج واستهلاك الطاقة التقليدية

1- هيكل إنتاج الطاقة التقليدية في مصر:

تعتمد مصر على مصدرين أساسيين للحصول على الطاقة، هما الوقود الأحفوري والطاقة المتجددة. وتصل نسبة الاعتماد على الوقود الأحفوري إلى 96% تقريباً، ويتوزع الباقي على الطاقة الكهرومائية وطاقتي الشمس والرياح. وخلال الفترة بين عامي 2005 و 2015، تراوحت نسبة الوقود الأحفوري بين 96,63% كحد أقصى (عام 2009)، و 95,75% كحد أدنى (عام 2015). وفي المقابل كانت أعلى نسبة للطاقة المتجددة عام 2015 (4,25%)، وأقل نسبة عام 2009 (3,37%). ويُذكر أن العلاقة بين كل من المصدرين منفصلة تماماً. بمعنى أن انخفاض نسبة الوقود الأحفوري عام 2015 لم يكن بفضل زيادة القدرات المركبة للطاقة المتجددة، وإنما بسبب تراجع في إنتاج النفط والغاز الطبيعي خلال السنوات الأخيرة.

وقد بلغ إنتاج مصر من الوقود الأحفوري عام 2005 حوالي 71,5 مليون طن مكافئ نفط، وارتفع هذا الإنتاج في الأعوام التالية حتى وصل إلى 91,7 مليون طن عام 2009، ثم بدأ التراجع بمعدلات بسيطة ليصل إلى 79 مليون طن عام 2014، ثم 76,7 مليون طن عام 2015. وذلك كما في الجدول (3 -1).

وداخل مجموعة الوقود الأحفوري تقوم مصر بإنتاج النفط والغاز الطبيعي فقط. وتبلغ نسبة إنتاج الغاز الطبيعي 53,59% من إجمالي إنتاج الوقود الأحفوري عام 2015. وتصل نسبة النفط إلى 46,41%. ويرجع ذلك إلى ارتفاع احتياطيات مصر من الغاز الطبيعي مقارنةً باحتياطيات النفط. وسبق أن وصلت نسبة الغاز الطبيعي في إنتاج الوقود الأحفوري عام 2011 إلى 61,51%، ولكن الاضطرابات السياسية والاقتصادية التي تزامنت مع ثورة 25 يناير والسنوات التالية لها، منعت الحكومات المصرية من توقيع عقود جديدة للبحث والتنقيب عن الغاز الطبيعي، بالإضافة إلى توقف الشركات الأجنبية عن تنمية حقول الإنتاج القائمة بسبب تأخر سداد مديونياتها لدى الحكومة المصرية.

2- هيكل استهلاك الطاقة التقليدية في مصر:

تعتمد مصر في استهلاك الطاقة الأولية على النفط والغاز والفحم بالإضافة للطاقة المتجددة. وقد بلغ حجم استهلاك مصر من الوقود الأحفوري حوالي 82,9 مليون طن مكافئ نفط عام 2015 (نسبة 96,28%)، وبزيادة قدرها 0,85% عن العام السابق حيث كان حجم الاستهلاك 82,2 مليون طن (بنسبة 96,14%). والملاحظ من تطور حجم ونسب استهلاك الوقود الأحفوري أنه بدأ بـ 59,1 مليون طن مكافئ نفط عام 2005، ثم ارتفع بمعدلات ملحوظة حتى وصل إلى 77,4 مليون طن عام 2010 (زيادة قدرها 31% خلال 5 سنوات فقط). بعدها حدث تباطؤ في معدلات النمو ليصل حجم الاستهلاك إلى 82,9 مليون طن عام 2015 (زيادة قدرها 7,1% فقط خلال الخمس سنوات التالية)، وقد سبق تفسير ذلك التراجع.

وبمتابعة تطور نسبة الوقود الأحفوري إلى إجمالي استهلاك الطاقة يلاحظ أنها قد زادت من 95,17% عام 2005 إلى 95,91% عام 2010، ثم إلى 96,28% عام 2015. ويشير ذلك إلى عدم وجود استراتيجية أو توجه عام نحو تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري، بل أصبح في حكم المؤكد زيادة نسبة الوقود

الأحفوري عند دخول محطات الكهرباء الجديدة ببنى سويف والعاصمة الإدارية والبرلس مرحلة التشغيل. وهي تمثل ما يقرب من 50% من القدرات المركبة الحالية لإنتاج الكهرباء في مصر.

جدول رقم (3- 1)

تطور هيكل إنتاج واستهلاك الطاقة الأولية في مصر وفقاً لمصدرها خلال الفترة (2005- 2015)

بـ (مليون طن مكافئ نفط)

السنة	النفط		الغاز الطبيعي		الفحم	إجمالي استهلاك الوقود الأحفوري	إجمالي إنتاج الوقود الأحفوري	إجمالي استهلاك الطاقة المتجددة	إجمالي استهلاك مصر من الطاقة الأولية
	إنتاج	استهلاك	إنتاج	استهلاك	استهلاك				
2005	**33,2**	**29,8**	**38,3**	**28,4**	**0,9**	**59,1**	**71,5**	**3,0**	**62,1**
2006	**33,2**	**28,7**	**49,2**	**32,9**	**0,9**	**62,5**	**82,4**	**3,0**	**65,5**
2007	**33,8**	**30,6**	**50,1**	**34,5**	**0,8**	**65,9**	**83,9**	**3,7**	**69,6**
2008	**34,7**	**32,6**	**53,1**	**36,8**	**0,7**	**70,1**	**87,8**	**3,5**	**73,6**
2009	**35,3**	**34,4**	**56,4**	**38,3**	**0,6**	**73,3**	**91,7**	**3,2**	**76,5**
2010	**35,0**	**36,3**	**55,2**	**40,6**	**0,5**	**77,4**	**90,2**	**3,3**	**80,7**
2011	**34,6**	**33,7**	**55,3**	**44,7**	**0,4**	**78,8**	**89,9**	**3,3**	**82,1**
2012	**34,7**	**35,3**	**54,8**	**47,3**	**0,4**	**83,0**	**89,5**	**3,3**	**86,3**
2013	**34,4**	**35,7**	**50,5**	**46,3**	**0,4**	**82,4**	**84,9**	**3,3**	**85,7**
2014	**35,1**	**38,3**	**43,9**	**43,2**	**0,7**	**82,2**	**79,0**	**3,3**	**85,5**
2015	**35,6**	**39,2**	**41,0**	**43,0**	**0,7**	**82,9**	**76,7**	**3,4**	**86,3**

المصدر: إعداد الباحث بالاستعانة ببيانات تقرير Bp, 2016: 10-40.

أما داخل مجموعة الوقود الأحفوري فقد اعتمدت مصر عام 2015 على الغاز الطبيعي بنسبة 51,87%، يليه النفط بنسبة 47,28%، ثم الفحم بنسبة تقل عن 1%. ويرجع انخفاض نسبة الغاز الطبيعي في استهلاك الطاقة مقارنة بكميات الإنتاج إلى ما سبق ذكره من تفاقم مديونيات الشركات الأجنبية. ولا تعتبر مصر من الدول المنتجة للفحم، لذلك فإن استخدامه محدود للغاية. وبالمقارنة بعام 2011 حيث كانت نسبة الغاز الطبيعي في الاستهلاك حوالي 56,73%، يُلاحظ تراجع نسبة استهلاك الغاز الطبيعي مقابل زيادة نسبة استهلاك النفط من 42,7% عام 2011 إلى 47,28% عام 2015.

ويُظهر الجدول السابق أن نسبة تغطية إنتاج الوقود الأحفوري للاستهلاك المحلي -دون خصم حصة الشريك الأجنبي- تراجعت من 132% عام 2006 إلى 117% عام 2010 وهي قيمة منخفضة نسبياً، ثم واصلت التراجع حتى بلغت 103% عام 2013، ومن بداية عام 2014 بدأ عجز الإنتاج عن تغطية الاستهلاك المحلي ليصل مؤشر التغطية إلى 93% عام 2015[1]. ويعود تراجع مؤشر تغطية الإنتاج للاستهلاك إلى تسجيل معدل نمو الإنتاج نسباً سالبة في أغلب السنوات السابقة، مقابل النمو المستمر في معدلات الاستهلاك أغلب السنوات (معهد التخطيط القومى، 2015: 38).

[1] سيؤدي خصم حصة الشريك الأجنبي والتي لا تقل عن 14% من إنتاج النفط وتتراوح بين 15 و16% من إنتاج الغاز الطبيعي؛ إلى جعل نسب تغطية الإنتاج للاستهلاك المحلي أقل بكثير مما هي عليه.

وبمقارنة تطور هيكل استهلاك الطاقة في مصر مع ألمانيا والصين، يلاحظ أن هناك اتجاهاً مستمراً في كل منهما نحو تقليل استهلاك الوقود الأحفوري والطاقة النووية لصالح زيادة استهلاك الطاقة المتجددة.

جدول رقم (3 -2)

تطور هيكل استهلاك الطاقة الأولية في كل من ألمانيا والصين ومصر بين عامي (2005- 2015)

نوع الوقود	طاقة غير متجددة (وقود أحفوري + طاقة نووية)		الطاقة المتجددة	
	2005	2015	2005	2015
ألمانيا	**%95,74** منها (11,1% طاقة نووية)	**%86,16** منها (6,45% طاقة نووية)	%4,24	%13,80
الصين	**%94,9** منها (0,67% طاقة نووية)	**%89,46** منها (1,28% طاقة نووية)	%5,1	%10,54
مصر	**%95,17**	**%96,06**	%4,83	%3,94

المصدر: إعداد الباحث بالاستعانة ببيانات Bp, 2016: 10-40.

ويلاحظ من خلال الجدول السابق تراجع نسبة الاعتماد على الوقود الأحفوري في كل من ألمانيا والصين لصالح نمو الطاقة المتجددة بين عامي 2005 و 2015 على عكس الحالة المصرية، التي زادت فيها نسبة الاعتماد على الوقود الأحفوري على حساب الطاقة المتجددة. وتختلف ألمانيا عن الصين في تراجع نسبة الطاقة النووية والوقود الأحفوري لصالح الطاقة المتجددة، بينما تراجعت نسبة الوقود الأحفوري في الصين لصالح الطاقة المتجددة والطاقة النووية، ولكن نسبة الطاقة النووية أقل بكثير من المتجددة.

3- الهيكل القطاعي لاستهلاك الطاقة التقليدية:

يستحوذ قطاع الكهرباء في مصر عام 2015/2014 على 42,4% من استهلاك المنتجات البترولية والغاز الطبيعي، يليه قطاع الصناعة بنسبة 19,8%، ثم قطاع النقل بنسبة 16%. وذلك كما يلي:

جدول رقم (3-3) تطور الهيكل القطاعي لاستهلاك المنتجات البترولية والغاز الطبيعي في مصر بين عامي (2011/2010 -2015/2014)

السنة	2011/2010		2015/2014	
إجمالي الاستهلاك	68326 مليون طن		73358 مليون طن	
	كمية الاستهلاك	نسبة الاستهلاك %	كمية الاستهلاك	نسبة الاستهلاك %
قطاع النقل	10427	%15,26	11728	%16
قطاع الصناعة	16091	%23,55	14544	%19,8
قطاع الكهرباء	24871	%36,4	31094	%42,4
قطاع البترول	4783	%7	4153	%5,66
قطاع المنازل/تجاري	5316	%7,78	5614	%7,65
قطاع السياحة	2753	%4,03	3739	%5,1
الطرق والمقاولات	1961	%2,87	1650	%2,25
قطاع الزراعة	2124	%3,07	836	%1,14

المصدر: الجهاز المركزى للتعبئة العامة والإحصاء، مصر في أرقام، تقاريرسنوية مختلفة،القاهرة.

ويلاحظ في هذه الفترة زيادة نصيب كل من قطاع الكهرباء والنقل والسياحة واستمرار هيمنة قطاع الكهرباء. بينما تراجع نصيب قطاع الصناعة من 23,55% إلى 19,8% على إثر اضطرابات ثورة 25 يناير 2011، وما ترتب عليها من توقف عدد كبير من المصانع عن الإنتاج. كذلك، شهد نصيب قطاع الزراعة تراجعاً كبيراً من 3,07% إلى 1,14%، ويرجع ذلك إلى تباطؤ الإنتاج الزراعي وغياب الحوافز المشجعة للمزارعين خلال تلك الفترة.

4- هيكل إنتاج واستهلاك الكهرباء:

وصل إجمالي القدرات المركبة لإنتاج الكهرباء في مصر منتصف عام 2015 إلى 35220 م.و. وقد انعكس هيكل استهلاك الطاقة الأولية على القدرات المركبة لإنتاج الكهرباء، فوصل نصيب المحطات الحرارية من إجمالي القدرات حوالي 31734 م.و (نسبة 90%)، وبلغ نصيب الطاقة الكهرومائية 2800 م.و (نسبة 8%)، أما نصيب الطاقة المتجددة فلم يتجاوز 687 م.و (نسبة 2%).

جدول رقم (3- 4)

تطور إجمالي وهيكل القدرات المركبة لإنتاج الكهرباء وفقاً لنوع الوقود في مصر

في الفترة (2011/2010 – 2015/2014) بـ (ميجاوات)

السنة	إجمالي القدرات*		القدرات الحرارية		المحطات المائية		الطاقة الشمسية		طاقة الرياح	
	حجم القدرات	النسبة المئوية	حجم القدرات	النسبة	حجم القدرات	النسبة	حجم القدرات	النسبة	حجم القدرات	النسبة
2011/2010	27050	%100	23563	%87,11	2800	%10,35	140	%0,52	547	%2,02
2012/2011	29075	%100	25588	%88	2800	%9,63	140	%0,48	547	%1,88
2013/2012	30800	%100	27313	%88,68	2800	%9,1	140	%0,45	547	%1,78
2014/2013	32015	%100	28528	%89,1	2800	%8,74	140	%0,44	547	%1,71
2015/2014	35220	%100	31733	%90,1	2800	%7,95	140	%0,4	547	%1,55

المصدر: إعداد الباحث بالاستعانة ببيانات التقرير السنوي للشركة القابضة لكهرباء مصر، أعوام مختلفة.

*القدرات المركبة الإجمالية تتضمن أيضاً قدرات مملوكة للقطاع الخاص تساوى 2048 م.و ، بالإضافة إلى قدرات احتياطية غير متصلة بالشبكة تساوى 246 م.و.

ويلاحظ من الجدول السابق ما يلي:

- وجود زيادة في القدرات المركبة الإجمالية بنسبة 10,01% خلال العام الأخير، وهي أعلى زيادة منذ عام 2011/2010. وهذه الزيادة بالكامل كانت من نصيب المحطات الحرارية. وخلال الفترة بأكملها، بلغ متوسط معدل النمو في إجمالي القدرات 6,84% سنوياً، بينما وصل متوسط معدل النمو في القدرات الحرارية إلى 7,75%، ومتوسط معدل النمو في المصادر الأخرى بالسالب.
- منذ عام 2011/2010 لم يتم إضافة قدرات جديدة للطاقة المتجددة. لذلك ازداد نصيب القدرات الحرارية في إجمالي القدرات بشكل مستمر من 87,11% عام 2011/2010 حتى وصل إلى 90,1%

عام 2015/2014. وفي المقابل، انخفضت نسبة قدرات الطاقة المتجددة من 12,89% عام 2011 إلى 9,9% عام 2015.

وطبقاً للبيانات الواردة في الجدول (3-5)، وصل إجمالي الطاقة المنتجة عام 2015/2014 إلى 174875 ج.و.س. وساهمت المحطات الحرارية بحوالي 159333 ج.و.س (نسبة 91,11%)، وكان نصيب الطاقة الكهرومائية 13822 ج.و.س (نسبة 7,9%)، أما الكهرباء المنتجة من الرياح والشمس فبلغت 1444 ج.و.س (نسبة 0,83%)، وجميعها من محطات الرياح حيث لم تُسجل أية كميات إنتاج للكهرباء في هذا العام من محطة الطاقة الشمسية الحرارية بمنطقة الكُريمات. وبالمقارنة مع حالة ألمانيا، فقد وصلت نسبة الكهرباء المنتجة من الطاقة المتجددة فيها إلى 31,6% عام 2015، بينما كانت آخر نسبة في الصين هي 19% عام 2010 (Irena, 2014: 16).

جدول (3-5)
تطور إجمالي وهيكل إنتاج الكهرباء وفقاً لنوع الوقود في مصر
خلال الفترة (2011/2010 – 2015/2014) بـ (جيجاوات ساعة)

السنة	إجمالي الطاقة المنتجة*		المحطات الحرارية**		المحطات المائية		الطاقة الشمسية		طاقة الرياح	
	كمية الطاقة المنتجة	النسبة المئوية	كمية الطاقة المنتجة	النسبة %	كمية الطاقة المنتجة	النسبة %	كمية الطاقة المنتجة	النسبة %	كمية الطاقة المنتجة	النسبة %
2011/2010	146796	%100	131809	%89,79	13046	%8,89	219	%0,15	1485	%1,01
2012/2011	157406	%100	142216	%90,35	12934	%8,22	479	%0,3	1525	%0,79
2013/2012	164628	%100	149738	%90,95	13121	%7,97	237	%0,14	1260	%0,76
2014/2013	168050	%100	152949	%91,01	13352	%7,95	114	%0,067	1332	%0,79
2015/2014	174875	%100	159333	%91,11	13822	%7,9	--	--	1444	%0,83

المصدر: إعداد الباحث بالاستعانة بـ (الشركة القابضة لكهرباء مصر، 2015: 18-21).

* إجمالي الطاقة المولدة يشمل الطاقة المنتجة من (المحطات الحرارية "قطاع عام وخاص" + المحطات المائية بجنوب مصر + محطة الطاقة الشمسية بالكريمات + محطات الرياح بالغردقة والزعفرانة + الطاقة المشتراة من فائض الإنتاج الصناعي + الطاقة غير المتصلة بالشبكة)
**طاقة المحطات الحرارية تشمل تجارب التشغيل.

من خلال الجدول السابق يمكن ملاحظة الآتي:

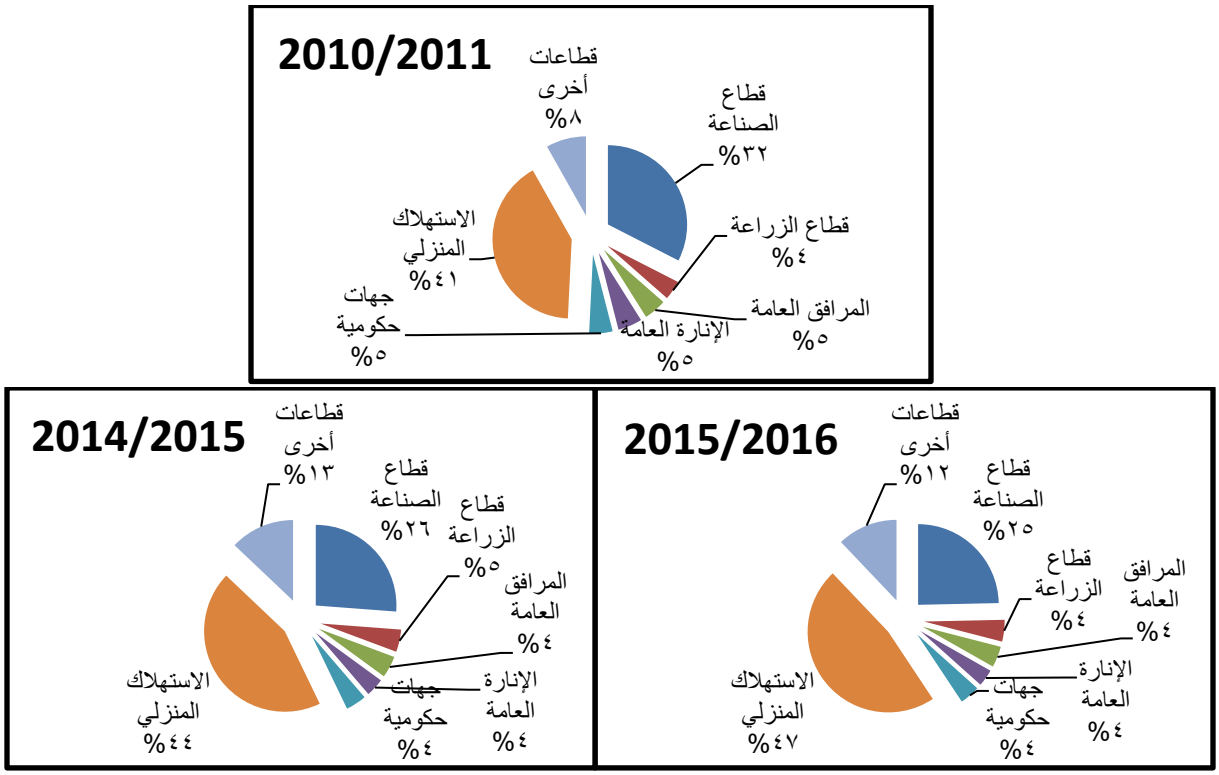
- ارتفع إجمالي الطاقة المنتجة عام 2015/2014 عن العام السابق عليه بنسبة 4,06%، فيما بلغ متوسط معدل النمو خلال السنوات الأخيرة 4,49%.
- زاد نصيب الطاقة الكهربائية المنتجة من محطات حرارية من 89,79% عام 2011/2010 إلى 91,11% عام 2015/2014، ويتماشى ذلك مع نمو القدرات الحرارية مقارنة بقدرات الطاقة المتجددة. وما يلفت الانتباه أن هذه الزيادة جاءت مقابل ثبات نسبي أو انخفاض في إنتاج الكهرباء المتجددة، ولم تكن هذه الزيادة مثلاً بمعدل أكبر من زيادة الكهرباء المتجددة. وقد اتسم إنتاج الطاقة الكهربائية من المصادر

المتجددة بتذبذب واضح بين عامي 2011/2010 و2014/ 2015، وما يزال الاتجاه العام نحو الانخفاض.

- بلغ نصيب الطاقة الكهرومائية من الكهرباء المتجددة حوالي 88,45% عام 2011/2010، ثم زادت هذه النسبة فأصبحت 90,54% عام 2015/2014. بينما حدث عكس ذلك مع نسبة طاقتي الشمس والرياح، حيث انخفضت من 11,55% عام 2011/2010 إلى 9,46% عام 2015/2014. وبالمقارنة مع الهيكل العالمي للكهرباء، كان نصيب الطاقة الكهرومائية في إنتاج الكهرباء المتجددة عام 2015 حوالي 70%، والنسبة الباقية موزعة ما بين طاقات الرياح والشمس والكتلة الحيوية وطاقة باطن الأرض، الأمر الذي يشير إلى تنوع أكبر على المستوى العالمي (Ren21, 2016: 18).

ويستحوذ قطاع الاستهلاك المنزلي على نسبة 47,23% من استهلاك الكهرباء عام 2016/2015، يليه في المرتبة الثانية قطاع الصناعة بنسبة 24,66%. وذلك مقابل 41,04% و 32,52% لكل منهما عام 2011/2010 وذلك على النحو الوارد في الشكل رقم (3-1). ويرجع ارتفاع الاستهلاك المنزلي من الكهرباء إلى الزيادة السكانية المستمرة. ويعود تراجع نسبة القطاع الصناعي إلى توقف عدد كبير من المصانع عن العمل إبان ثورة الخامس والعشرين من يناير.

شكل رقم (3 -1) تطور الهيكل القطاعي لاستهلاك الطاقة الكهربائية في مصر
خلال الفترة (2011/2010 -2016/2015) بـ (%)



المصدر: إعداد الباحث بالاستعانة بـ: تقارير وزارة التخطيط والمتابعة والإصلاح الإداري، سنوات مختلفة.

5- سياسات إدارة الطاقة التقليدية وأثرها على التحول نحو الطاقة المتجددة:

تنقسم سياسات إدارة الطاقة في مصر إلى ثلاث سياسات رئيسة، هي سياسة التجارة الخارجية، وسياسة الشراكة الأجنبية، وسياسة تسعير ودعم الطاقة. وهذه الأخيرة ترتبط بشكل مباشر بالطاقة المتجددة.

5-1 سياسة التجارة الخارجية:

يلاحظ من الجدول السابق رقم (3 -1) أن استهلاك مصر من النفط يزيد عن إنتاجها، وبالتالي تدخل مصر في عداد الدول المستوردة. ويعد ذلك منطقياً لأن احتياطيات مصر النفطية لا تتعدى 0,2% من الإحتياطي العالمي. ولذلك تنحصر المسألة بالنسبة للنفط في ضرورة ترشيد استهلاكه وتقليل الواردات منه.

وفيما يتعلق بالغاز الطبيعي، يتم تصدير الغاز مسالاً بعقود طويلة الأجل تصل أحياناً إلى خمسة وعشرين عاماً، بعد إنفاق مليارات الدولارات على معامل إسالة الغاز في شكل تكنولوجيا مستوردة بالكامل دون أن تقدم إضافة حقيقية للاقتصاد أو تستعين بعمالة محلية، بل إنها تغطي نفقاتها بحصة من تصدير الغاز (معهد التخطيط القومى، 2011: 62). وتثور مسائل عديدة بخصوص تصدير الغاز الطبيعي منها، أن الغاز الطبيعي لا يحتاج إلى عمليات تكرير، ويتمتع بمزايا بيئية واقتصادية تفوق الزيت الخام، ومع ذلك فإن سعره منخفض جداً مقارنة بالسعر العالمي للنفط الخام. وتقوم مصر ذات الإحتياطي الذي يمثل 1% عالمياً بتصدير الغاز الطبيعي إلى أوروبا التي وصلت نسبة احتياطياتها من الغاز الطبيعي إلى 30,4% عالمياً مع نهاية عام 2015 (Bp, 2016: 20). وأخيراً، لا تُوجه عوائد النقد الأجنبي من تصدير الغاز واستنفاد احتياطياته لتوفير مصادر بديلة للطاقة، تعوض الأجيال القادمة عن حقها في المصادر الناضبة. ويتحتم على مصر أن تقوم بتصنيع الغاز الطبيعي بحيث تخلق قيمة مضافة له ترفع من سعر تصديره بدل تصديره في صورته الأولية.

5-2 سياسة الشراكة الأجنبية:

حسب اتفاقيات الشراكة الأجنبية، تحصل مصر على حصة تتراوح ما بين 66% و68% من إنتاج النفط بعد استبعاد المصروفات وسداد تكلفة الاستثمارات والتي قد تصل إلى 20%. ولا تقل حصة الشريك الأجنبي عن 14%. وتحصل مصر على نسبة تصل إلى 55% في حالة الغاز الطبيعي. ويبلغ مخصص الاسترداد - مقابل نفقات واستثمارات - 29% أو أقل بقليل. أما نصيب الشريك الأجنبي فيتراوح ما بين 15 و16% (معهد التخطيط القومي، 2011: 67-68). وتحسب هذه النسب، أولاً باستبعاد مخصص الاسترداد الذي يمثل في الغالب ما بين (40%-25). وذلك مقابل نفقات البحث والاستكشاف وتنمية الحقل وغيرها وهو من نصيب الشريك الأجنبي. وما يتبقى منه بعد استيفاء هذه النفقات يكون من نصيب الحكومة كفائض استرداد. والباقي الذي يتراوح بين (75%-60) - ما يتبقى بعد سداد مصروفات البحث والاستكشاف (الربح) - فيقسم بنسبة (20-25%) ربحاً صافياً للشريك الأجنبي، وتحصل الدولة المصرية على النسبة المتبقية. ويتكفل قطاع البترول بسداد نصيبه ونصيب الشريك الأجنبي في ضرائب الدخل.

ويؤخذ على هذه السياسة عدم مراعاة مصالح الدولة المصرية بقدر مصلحة الشريك الأجنبي، وذلك على حساب هدر الموارد الأحفورية الثمينة. أضف إلى ذلك، استمرار الاعتماد على الشريك الأجنبي في البحث والاستكشاف دون تجربة بدائل وطنية أو تعاون إقليمي. ويجري البحث عن تقديم امتيازات أخرى للشريك الأجنبي كتحفيز له على مزيد من الإستكشافات، وهو ما يهدد أمن الطاقة المصري من ناحية، ويسبب إهداراً للموارد الناضبة من ناحية أخرى.

3-5 سياسة تسعير ودعم الطاقة:

يراعي عند تسعير الطاقة ثلاثة اعتبارات هامة، هي تحقيق الكفاءة الاقتصادية واستهداف العدالة الاجتماعية وضمان الجدوى المالية. وفي هذا الصدد، يمكن ذكر عدة مداخل لتسعير الطاقة تتمثل فيما يلي (Abouleinein, 2009: 4-6):

أ- تسعير التكلفة الحدية: وتستخدم هذه الطريقة بكثرة في البلدان ذات مرافق الطاقة المملوكة للحكومة. وتسعر الطاقة بحيث تكون الإيرادات المتولدة كافية لتغطية النفقات التشغيلية. ويعتمد تحديد السعر على التكلفة الحدية قصيرة الأجل (نصيب الوحدة الإضافية من الوقود الخام والعمال والصيانة)، ولا تشمل التكلفة الرأسمالية الثابتة، باعتبارها تكلفة طويلة الأجل يصعب تقدير نصيب الوحدة منها على عكس التكلفة الحدية قصيرة الأجل.

ب- التسعير التاريخي لاسترداد التكاليف: وفيه يتم تحديد سعر منتج الطاقة عند مستوى يسمح باسترداد النفقات السابقة، مع معدل عائد مقبول.

ج- تسعير السوق: ويقصد به تحديد سعر الطاقة بالتعامل المباشر بين الموردين والمستهلكين بناءً على الطلب والعرض.

د- تسعير الطاقة التمييزي: يستخدم كوسيلة لتحقيق العدالة وفي نفس الوقت زيادة الإيرادات وفقاً لقدرات المستهلكين على الدفع. ويعتبر شائعاً في تسعير الكهرباء والغاز الطبيعي، ويتطلب تمييزاً دقيقاً بين المستهلك السكني والتجاري والصناعي.

ه- تسعير تكلفة الفرصة البديلة: يستند إلى قيمة الطاقة التي كان من الممكن تصديرها بالأسعار العالمية بدلاً من استهلاكها محلياً. ويُعرّض الاعتماد على الأسعار الدولية في تحديد تكلفة الطاقة، أسعارَها المحلية لعدم الاستقرار، إذ لا يُنظر لاختلاف الإمكانات الطبيعية والاقتصادية بين الدول.

ويعتمد تسعير الطاقة الأولية في مصر على السعر العالمي للمنتجات المستوردة أو المشتراة من حصة الشريك الأجنبي. ويأخذ في الاعتبار جميع التكاليف المباشرة وغير المباشرة ذات الصلة مثل تكلفة التكرير والنقل والتخزين وحتى رسوم الاستيراد. أي أن سياسة التسعير في مصر تعتمد على تكلفة الفرصة البديلة للكمية التي تم بيعها في السوق المحلية بالسعر المدعم. أما قطاع الكهرباء فيعتمد على سياسة التسعير التمييزى ما بين الشرائح السكنية المختلفة، وما بين القطاعات التجارية والصناعية. وتقدم مصر دعماً كبيراً للطاقة يشمل المنتجات البترولية والغاز الطبيعي والكهرباء. وقد ارتفعت قيمة الدعم من 43,2 مليار جنيه عام 2007/2006 إلى 68,763 مليار جنيه عام 2011/2010. ويستحوذ دعم المنتجات البترولية والغاز الطبيعي على نسبة تتجاوز الـ 90% من دعم الطاقة، فيما تتخطى نسبته الـ 80% من مبلغ الدعم ككل. ويعد قطاع الكهرباء أبرز المستفيدين من دعم الطاقة. فهو وإن كانت نسبته قليلة للغاية (نسبة أقل من 10%) مقارنة بدعم المنتجات البترولية والغاز الطبيعي، إلا أنه يستفيد من دعم المنتجات البترولية والغاز الطبيعي بشكل غير مباشر عن طريق استهلاك نسبة تصل إلى 60% من الغاز الطبيعي لإنتاج الكهرباء. ويظهر ذلك من خلال الجدول التالي:

جدول رقم (3- 6)

تطور دعم الطاقة في مصر خلال الفترة (2006/2005- 2015/2014) بـ (المليار جنيه)

السنة	دعم المنتجات البترولية والغاز الطبيعي	دعم مباشر للكهرباء	إجمالي دعم الطاقة
2006/2005	41,8	3	44,8
2007/2006	40	3,2	43,2
2008/2007	60,2	-	60,2
2009/2008	62,7	3	65,7
2010/2009	66,524	-	66,524
2011/2010	67,680	1,083	68,763
2012/2011	95,535	8,550	104,085
2013/2012	120,0	8,550	128,550
2014/2013	126,179	13,280	139,459
2015/2014	73,915	23,630	97,545

المصدر: وزارة المالية، البيان المالي للموازنة العامة للدولة، سنوات مختلفة.

ويتضح من الجدول أن دعم الطاقة استمر في النمو حتى قارب 140 مليار جنيه عام 2014/2013. وبعدها انخفض مباشرة إلى 97,545 مليار جنيه عام 2015/2014 (نسبة انخفاض 30% خلال عام واحد). ويرجع ذلك إلى بدء الحكومة المصرية في تحرير دعم الطاقة كإحدى متطلبات الحصول على قرض صندوق النقد الدولي. ويأتي الدعم المصري للطاقة في إطار تحقيق عدد من الأهداف من أبرزها، حماية الفقراء ومحدودي الدخل، وحماية الصناعة المحلية الناشئة، وتعزيز قدرة الصناعات كثيفة استهلاك الطاقة على المنافسة في الأسواق الدولية، وأخيراً، تقليل الضغوط التضخمية.

وقد أبقت الحكومات المصرية أسعار المنتجات البترولية لفترة طويلة دون أسعارها العالمية لإفادة الفقراء. ولكن ذهبت الفائدة الأكبر للفئات التي لا تستحق الدعم نتيجة خلل في منظومة التوزيع. وبالنسبة للصناعات كثيفة استهلاك الطاقة مثل الأسمنت والألومنيوم، فقد حققت هوامش ربح عالية جداً مقارنة بنظيراتها في الأسواق الدولية. ولم يكن دعم الطاقة حاجزاً أمام ارتفاع معدل التضخم، الذي زاد من 4,8% عام 2005 إلى 9,5% عام 2007، ثم ارتفع إلى الضعف تقريباً (18,3%) عام 2008 رغم زيادة الدعم، التي تزامنت مع انخفاض الأسعار العالمية بسبب الأزمة المالية العالمية. واستمرت معدلات التضخم في التقلب ما بين 10 إلى 12% طوال السنوات التالية حتى عام 2015 (الجهاز المركزى للتعبئة العامة والإحصاء، 2017: 104).

ويرجع التركيز على الصناعات كثيفة استهلاك الطاقة دون غيرها لاعتبارات عدة منها، أن الصناعات غير كثيفة استهلاك الطاقة التي تمثل 97% تقريباً من إجمالي عدد المشروعات الصناعية، تستهلك فقط 30% من استهلاك القطاع الصناعي للطاقة. وتستأثر الصناعات كثيفة استهلاك الطاقة بالباقي (معهد التخطيط القومي، 2011: 67). ويمكن للصناعات كثيفة استهلاك الطاقة امتصاص الزيادة في أسعار الطاقة دون رفع أسعار منتجاتها، أو رفع الأسعار بنسبة أقل من زيادة أسعار الطاقة. وتضحي بجزء من هامش الربح الكبير (Khattab, 2007: 29). وكذلك، أدت المبالغة والتساهل في توفير الدعم لهذه الصناعات إلى

إفراط في الاستهلاك. وأخيراً سيكون هناك تركيز أكبر على الصناعات كثيفة استهلاك الطاقة عند التحول نحو الطاقة المتجددة، لأنها أكثر القطاعات استهلاكاً للطاقة، وأكثرها إطلاقاً للانبعاثات الكربونية كما سيأتي لاحقاً.

6- أثر دعم الطاقة التقليدية على التحول نحو الطاقة المتجددة:

تتأثر الطاقة المتجددة بدعم الوقود الأحفوري بعدة طرق (Bridle and Kitson, 2014: 5-16) منها:

أ- يعزز دعم الطاقة أنظمة إنتاج الكهرباء القائمة على الوقود الأحفوري، ويُصعب دخول الطاقة المتجددة لهذا المجال.

ب- يرفع دعم الطاقة القدرة التنافسية للوقود الأحفوري أمام البدائل الأخرى.

ج- يؤدي استمرار الدعم الكبير للوقود الأحفوري إلى تراجع استثمارات الطاقة المتجددة.

ويعتبر دعم الطاقة في مصر أحد أهم الأسباب وراء ضعف نمو القدرات المركبة للطاقة المتجددة. ويظهر من الجدول (3- 4) ثبات القدرات المركبة لطاقتي الشمس والرياح في السنوات الأخيرة حتى عام 2015 عند مستوى 140، و547 م.و على الترتيب. ولم تتغير القدرات المركبة للطاقة الكهرومائية في نفس الفترة عن 2800 م.و. وذلك رغم أن مصر تستهدف زيادة نصيب الطاقة المتجددة في إنتاج الكهرباء إلى 20% بحلول عام 2022. وقد لجأت الحكومة المصرية مؤخراً إلى الخفض التدريجي لدعم الطاقة. وبغض النظر عن دوافع الحكومة وراء هذا القرار، فإن ارتفاع أسعار الوقود الأحفوري يزيد تنافسية مصادر الطاقة المتجددة، وقد يزداد نصيبها في مزيج الطاقة دون دعم. ولا يعني هذا التحرير عدم تطبيق أية إعانات، ولكن ينبغي أن تدعم الحكومة المصدر الأحق بالدعم. وكان من الممكن تقديم حوافز مماثلة ودعم للطاقة المتجددة بدلاً من إزالة دعم الوقود الأحفوري بهدف تصحيح الإختلال. وتتمثل إعانات الطاقة المتجددة في تسهيلات جمركية وحوافز ضريبية، وقد حقق ذلك الاتجاه نجاحاً في كثير من الدول، لكنه سيصبح مكلفاً أكثر للحكومة، وقد يسبب اضطرابات سياسية بسبب المستفيدين من دعم الوقود الأحفوري. وإذا تم التنفيذ بشكل غير صحيح، سوف تزيد تشوهات الأسعار في السوق، وتبتعد أكثر عن السعر الحقيقي لكل مصادر الطاقة. في كل الأحوال، سيؤدي تحرير أسعار الطاقة إلى زيادة تنافسية الطاقة المتجددة، لكنها ستحتاج إلى مزيد من الدعم حتى يمكن التوسع في إنتاجها واستهلاكها بما يزيد نصيبها في مزيج الطاقة في مصر. ويمكن استخدام جزء من وفورات الدعم في تقديم برامج تعويضية إجتماعية لمن أصابهم الضرر من تحرير الأسعار، مع الاهتمام بوصول هذه البرامج إلى مستحقيها بالفعل. والجزء الآخر يستخدم في تقديم الدعم للطاقة المتجددة، نظراً للمنافع الإيجابية الخارجية المترتبة على استخدامها.

المبحث الثاني
واقع استخدامات الطاقة المتجددة

كان التوسع في استخدام مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة أحد الأهداف الاستراتيجية لأول وزارة مستقلة للكهرباء عام 1964. وفي عام 1986 تم إنشاء هيئة تنمية واستخدام الطاقة الجديدة والمتجددة لتختص بشئون الطاقة المتجددة. وأوكل لهذه الهيئة حصر مصادر الطاقة المتجددة في مصر، وإجراء البحوث الفنية والاقتصادية اللازمة لتطويرها، والمشاركة في إنشاء مشروعات الطاقة المتجددة وغيرها. وطبقاً للقانون رقم 203 الصادر عام 2014 بشأن إنتاج الكهرباء من الطاقة المتجددة، تم وضع ضوابط لإنشاء مشروعات الطاقة المتجددة، وتنظيم العلاقة بينها وبين شركات النقل والتوزيع، ومن بين هذه الضوابط (معهد التخطيط القومي، 2016: 17-21):

أ- يمكن للهيئة أن تطرح مناقصات لإنشاء محطات إنتاج الكهرباء وتشغلها أو تطرحها على المستثمرين بنظام البناء والتملك والتشغيل، مع ضمان بيع الطاقة المنتجة لشركة نقل الكهرباء أو لشبكات التوزيع بموجب عقد شراء الطاقة وفقاً لتعريفة محددة ولفترة أقصاها 25 سنة حسب طبيعة المشروع.

ب- تلتزم الدولة بتعريفة التغذية لمدة لا تقل عن عامين أو حتى تاريخ تحقق القدرة المطلوبة من الطاقة المتجددة، أيهما أقرب. وتكون تعريفة التغذية ثابتة طوال مدة التعاقد.

ج- تلتزم شركات نقل الكهرباء وشركات التوزيع بربط محطات إنتاج الكهرباء المتجددة بشبكتها على نفقة المنتج. وتلتزم بسداد قيمة الطاقة المتجددة لمنتجيها في حالة عجزها عن نقل الطاقة على شبكتها.

ولاحقاً، في نفس العام، صدر قرار مجلس الوزراء باعتماد جدول تعريفة التغذية للطاقة الكهربائية المنتجة من الشمس والرياح. واستهدفت وزارة الكهرباء إضافة 4300 م.و (2000 من طاقة الرياح، و 2300 من الطاقة الشمسية). وتكون الأسعار ثابتة لمدة خمسة وعشرين عاماً لمشروعات الطاقة الشمسية، ولمدة عشرين عاماً لمشروعات طاقة الرياح . وبعد مرور عامين، صدر قرار مجلس الوزراء رقم 2532 لسنة 2016 بتعديل أسعار تعريفة التغذية، ويعني ذلك عدم الوصول للقدرات التعاقدية المتفق عليها من قبل. وتضمن القرار الصادر[2] تعديل أسعار الكهرباء المتجددة، على أن يبدأ العمل بالأسعار الجديدة للمرحلة الثانية من تعريفة التغذية اعتباراً من تاريخ صدور القرار، وبحد أقصى عام لمشروعات الطاقة الشمسية وعام ونصف لمشروعات طاقة الرياح أو بمجرد الوصول للقدرات التعاقدية المتفق عليها لهذه المرحلة (ما تبقى من 2000 م.و لطاقة الرياح، وما تبقى من 2300 م.و للطاقة الشمسية)، أيهما أقرب.

واشترط القرار أن تقتصر المرحلة الثانية على المستثمرين المؤهلين من المرحلة الأولى، ولكن نظراً لعدم اكتمال القدرات التعاقدية تم فتح الباب لمستثمرين آخرين. ويشترط أيضاً أن يكون تمويل مشروعات طاقة الرياح والطاقة الشمسية بنسبة 60% و70% على الترتيب من مصادر أجنبية.

[2] www.nrea.gov.eg/arabic الموقع الرسمى لهيئة تنمية واستخدام الطاقة الجديدة والمتجددة

1- القدرات المركبة للطاقة المتجددة:

انعكست هذه الخطوات القليلة حتى عام 2014 على حجم القدرات المركبة للطاقة المتجددة في مصر. فقد زادت بمعدلات ضعيفة من 2855,1 م.و عام 2000 إلى 2932 م.و عام 2005 (نسبة 2,7% فقط خلال 5 سنوات)، ثم إلى 3415 م.و عام 2010 (نسبة 16,5% تقريباً)، وأخيراً زادت القدرات المركبة لتصل إلى 3435 عام 2014 (نسبة زيادة 0,6%). ولا يمكن إرجاع ذلك إلى أحداث ثورة يناير فقط، وإنما افتقدت مصر إلى السياسات الفعالة مثل تعريفة التغذية التي لم تعلن حتى عام 2014. وفي عام 2015، زادت القدرات المركبة بمقدار 200 م.و بعد تشغيل محطة الرياح بخليج الزيت، والتي أُنشئت بموجب مناقصة مقسمة لأربع حزم، وليس لتعريفة التغذية الجديدة دور فيها. ويؤخذ في الاعتبار أن قدرات الطاقة المتجددة لا تمثل سوى 10% تقريباً من إجمالي القدرات المركبة للطاقة في مصر (حرارية ومتجددة). ويتضح ذلك من خلال الجدول التالي رقم (3- 7).

جدول رقم (3 -7) تطور حجم وهيكل القدرات المركبة لإنتاج الكهرباء من الطاقة المتجددة في مصر خلال الفترة (2000 -2016) بـ (ميجاوات)

السنة	الطاقة الكهرومائية		طاقة الرياح		الطاقة الشمسية			الإجمالي
	حجم القدرات	النسبة المئوية	حجم القدرات	النسبة المئوية	الطاقة الشمسية الحرارية	الطاقة الكهروضوئية	نسبة الطاقة الشمسية إلى الإجمالي	
2000	2786	%97,6	69	%2,4	-	0,1	صفر%	2855,1
2001	2786		69		-	0,5		2855,5
2002	2786		69		-	0,6		2855,6
2003	2786	%95,02	145	%4,95	-	0,6	صفر%	2932
2004	2786		145		-	0,6		2932
2005	2786		145		-	0,6		2932
2006	2786	%92,34	230	%7,62	-	0,6	صفر%	3017
2007	2786	%89,96	310	%10,01	-	0,7		3097
2008	2850	%87,94	390	%12,03	-	0,9		3241
2009	2850	%86,73	435	%13,24	-	1,3		3286
2010	2850	%83,45	550	%16,1	-	15	%0,44	3415
2011	2850	%82,97	550	%16	20	15	%1,02	3435
2012	2850		550		20	15		3435
2013	2850		550		20	15		3435
2014	2850		550		20	15		3435
2015	2850	%78,19	750	%20,6	20	25	%1,23	3645
2016	2850	%77,89	750	%20,5	20	39	%1,6	3659

المصدر: إعداد الباحث اعتماداً على بيانات www.Irena.org

ويلاحظ في هيكل القدرات المركبة للطاقة المتجددة أن الطاقة الكهرومائية تمثل نسبة 97,6%، وانخفضت إلى 95% عام 2005، واستمرت في الانخفاض حتى وصلت إلى 78,19% عام 2015. وفي المقابل، زادت

نسبة طاقة الرياح في القدرات المركبة للطاقة المتجددة من 2,4% عام 2000 إلى 4,95% عام 2005 ثم إلى 16,1% و 20,6% عامي 2010، و 2015 على التوالي. بينما لم تظهر نسبة يعتد بها للقدرات المركبة من الطاقة الشمسية حتى عام 2010 حيث مثلت 0,44%، وزادت حتى وصلت إلى 1,23% عام 2015. وهذه التغيرات ليست سوى تغير نسبي في القدرات المركبة لكل مصدر من المصادر، ذلك أن القدرات المركبة الإجمالية لم تزد إلا بنسبة 28% طوال خمسة عشر عاماً (من عام 2000 وحتى عام 2015). إذ أن القدرات المركبة للطاقة الكهرومائية لا تزال مستقرة تقريباً عند 2800 م.و في المتوسط، ولذلك فإن أي زيادة بسيطة في القدرات المركبة لطاقة الرياح سينتج عنها تغيراً نسبياً كبيراً في هيكل القدرات المركبة.

وبالنظر إلى التجارب الدولية في هذا الصدد، يلاحظ أن صدور تعريفة التغذية عام 2000 ضمن قانون الطاقة المتجددة في ألمانيا أدى لزيادة القدرات المركبة من 11,7 ج.و إلى 55,2 ج.و عام 2010، ثم إلى 97,1 ج.و عام 2015. ومع صدور قانون الطاقة المتجددة الصيني عام 2005 ارتفعت القدرات المركبة للطاقة المتجددة من 113 ج.و إلى 237 ج.و تقريباً عام 2010، ثم إلى 413,46 ج.و عام 2015. وهذا يثبت أن قوانين الطاقة المتجددة في تلك الدول كانت بمثابة نقطة تحول كبيرة في مسار الطاقة المتجددة.

2- إمكانات وواقع استخدام طاقة الرياح:

تمتلك مصر إمكانات واعدة لإنتاج طاقة الرياح كما يُبين أطلس الرياح الصادر عام 1996. وقد حدد الأطلس أربعة مناطق بها متوسطات مرتفعة لسرعة الرياح، هي: أبو الدرج، والزعفرانة، وخليج السويس، والغردقة. وفي عام 2003 أظهر أطلس مفصل لمنطقة خليج السويس أن هناك ثلاثين موقعاً تتجاوز سرعة الرياح بها 10 أمتار في الثانية. وفي عام 2005، أكد أطلس رياح مصر الذي أصدرته هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة بالتعاون مع جهات محلية ودولية، النتائج التي أظهرها سابقيه. وأضاف أن هناك مناطق أخرى على جانبي النيل وبعض المناطق بسيناء مؤهلة لإقامة مشروعات كبرى لتوليد الكهرباء من الرياح.

وكانت محصلة هذه الجهود، قدرات مركبة لطاقة الرياح تقارب 550 م.و فقط (تمثل 1,55% من القدرات المركبة الإجمالية في مصر عام 2015/2014، و 15,7% من القدرات المركبة للطاقة المتجددة في مصر)، وهذه القدرات تتوزع على محطتين هما: محطة توليد الكهرباء بمنطقة الزعفرانة ذات 545 م.و، التي تم تنفيذها بين عامي 2001 و2014. والمحطة الثانية قدرتها 5 م.و بمنطقة الغردقة، وتم تشغيلها عام 1993. وقد تطور إنتاج الكهرباء من هاتين المحطتين حتى وصل إلى أقصاه عام 2012/2011، فبلغ 1525 ج.و.س، ثم انخفض ليصل إلى 1444 ج.و.س عام 2015/2014 (بما يعادل أقل من 1% من الإنتاج الإجمالي للكهرباء في مصر نفس العام، وبما يعادل 9,45% من الكهرباء المتجددة).

ومما سبق يتضح أن استخدامات طاقة الرياح في مصر لا تتناسب مطلقاً مع الإمكانات المتاحة لاستغلالها، ويرجع ذلك إلى عدة أسباب يمكن تلخيصها في ارتفاع تكاليف إنشاء هذه المشروعات، وغياب السياسات المحفزة للقطاع الخاص، وصعوبة الوصول إلى التمويل. حيث تفضل الحكومة التي تمتلك كل قدرات الطاقة المتجددة اتفاقيات التمويل مع دول أخرى. وقد تم تمويل محطة الزعفرانة بتعاون حكومي مع ألمانيا والدنمارك وغيرها. ويبدو أن الحكومة مستمرة في اتباع نفس النهج التمويلي فيما يخص مشروعاتها المستقبلية. ويذكر أن استمرار الاعتماد على آلية التعاون الحكومي الدولي لم ولن يدفع طاقة الرياح إلى الأمام، والدليل محطة الزعفرانة التي بدأ إنشائها عام 2001 بعد انتهاء الدراسات الخاصة بها، ولم تصل إلى

قدرتها القصوى (545 م.و) إلا عام 2014. كذلك فإن الاعتماد على البروتوكولات الدولية لإنشاء المحطات فقط لا يدعم قيام صناعة محلية لمستلزمات طاقة الرياح. وبالتالي فإن تكلفة إنشاء محطة الرياح لن تتوقف على عوامل محلية، وإنما ستظل مرتبطة بتكاليف إنتاج مستلزماتها في بلدها الأصلي. ويسري عليها ما يسري على الواردات من تقلبات الأسعار، وتغير سياسات الدول المصدرة.

إذاً، لا ينبغي للتمويل الخارجي عند إقامة المحطات مباشرة أن يكون الخيار الأول، لأنه لا يدعم إنشاء صناعة محلية لطاقة الرياح. وإن انخفضت تكلفة الإنشاء في الوقت الحالي بانخفاض تكلفة التمويل، فإنها لن تنخفض مستقبلاً بما يسمح لإقامة سوق لطاقة الرياح.

وقد وُضعت بعض الخطط المستقبلية لاستغلال طاقة الرياح، وزيادة القدرات المركبة المملوكة للحكومة وللقطاع الخاص (هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، 2015: 17-30). وتتمثل في زيادة القدرات الحكومية من 550 م.و إلى 1890 م.و عام 2019/2018، وذلك من خلال:

أولاً: الانتهاء من تنفيذ محطة رياح جبل الزيت بقدرة 200 م.و، والتي تم تمويلها بالتعاون مع حكومة ألمانيا وبنك الاستثمار الأوروبى. وقد بدأت اختبارات التشغيل بالفعل عام 2015. وبمجرد الانتهاء من المشروع تصبح القدرة الإجمالية لطاقة الرياح في مصر 750 م.و.

ثانياً: يجري تنفيذ محطتين لطاقة الرياح هما جبل الزيت(2)، وجبل الزيت(3) بقدرات 220، و120 م.و على الترتيب. وكلتا المحطتين يتم تنفيذهما بالتعاون مع حكومات أجنبية. وعند دخول هذه المحطات حيز التشغيل يصبح إجمالي القدرات 1090 م.و.

ثالثاً: إعداد الدراسات لتركيب قدرات تصل إلى 800 م.و مقسمة على أربع محطات بالتساوى. ويتم إنشاؤها في مناطق مختلفة بخليج السويس وغرب النيل، على أن يبدأ تشغيلها عام 2018.

وبالنسبة للقطاع الخاص، صدرت تعريفة التغذية على مرحلتين عامي 2014 و 2016، بهدف تركيب 2000 م.و من طاقة الرياح. ويجري الإعداد لتركيب قدرات تصل إلى 970 م.و حتى عام 2019/2018، باستخدام المناقصات التنافسية وحق الانتفاع.

3- إمكانات وواقع استخدام الطاقة الشمسية:

يتطلب إقامة سوق للطاقة الشمسية في مصر تحديد خصائص ومستويات الإشعاع الشمسي على مدار العام. وقد أظهرت نتائج أطلس الطاقة الشمسية الصادر عن هيئة الطاقة المتجددة أن مصر من أغنى دول العالم بالطاقة الشمسية، لأنها تقع بين خطي عرض 22 و31,5 شمالاً، مما يجعلها في قلب الحزام الشمسي العالمي. ويتراوح متوسط الإشعاع الشمسي المباشر ما بين (2000 – 3200) ك.و.س /م^4/ سنوياً. ويتراوح معدل سطوع الشمس ما بين (9 – 11) ساعة في اليوم، وتقل الأيام التي تظهر فيها السحب أغلب ساعات النهار عن 20 يوم في السنة. وهذه النتائج توضح الإمكانات الكبيرة التي تتمتع بها مصر، والتي لا تتناسب مع حجم الاستفادة الفعلية من الطاقة الشمسية. إذ وصل حجم القدرات المركبة من الطاقة الشمسية في مصر حتى عام 2009 ما يقارب 1,3 م.و فقط، جميعها من الطاقة الشمسية الكهروضوئية. وفي عام 2010، زادت القدرات المركبة للطاقة الكهروضوئية إلى 15 م.و، والطاقة الشمسية المركزة إلى 20 م.و بعد تشغيل محطة

الطاقة الشمسية بالكُريمات. وبعدها استمرت الطاقة الكهروضوئية في النمو حتى وصلت إلى 39 م.و عام 2016، وبقيت القدرات المركبة للطاقة الشمسية الحرارية عند 20 م.و.

وتتنوع الاستخدامات الحالية للطاقة الشمسية في مصر ما بين إنتاج الكهرباء بواسطة الطاقة الشمسية المركزة، والخلايا الكهروضوئية، وبعض التطبيقات المباشرة للطاقة المتجددة أبرزها أنظمة تسخين المياه وإنارة الشوارع (هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، 2015: 13-40)، وذلك كما يلي:

أولاً: إنتاج الكهرباء بواسطة الطاقة الشمسية المركزة

تعتبر المحطة الشمسية بالكريمات حالياً هي المشروع الوحيد الذي يعتمد على تكنولوجيا الطاقة الشمسية المركزة. وقد تم تنفيذه بقدرات تصل إلى 140 م.و (20 م.و مكون شمسي + 120 قدرات حرارية). وتعمل المحطة نهاراً بالطاقة الشمسية، وليلاً بالغاز الطبيعي. ووصل إنتاج الكهرباء من المحطة أول سنوات تشغيلها 2012/2011 إلى 479 ج.و.س، وانخفض بعد ذلك إلى 114 ج.و.س عام 2014/2013، كما في الجدول السابق (3- 5). وربما أدى تراجع إنتاج الغاز الطبيعي في مصر خلال تلك الفترة إلى إهمال المحطة.

ثانياً: استخدامات الخلايا الكهروضوئية

تستخدم الخلايا الكهروضوئية لأغراض مثل إنارة الشوارع وضخ المياه بالمناطق الريفية والنائية. وقد شهدت في الآونة الأخيرة انخفاضاً واضحاً في أسعارها بسبب التقدم التكنولوجي ووجود فائض في إنتاجها، الأمر الذي جعلها متاحة بأسعار تناسب معظم المستهلكين. وتصل القدرات المركبة من الخلايا الكهروضوئية شاملة تقنيات تسخين وضخ المياه والإنارة وغيرها حوالي 39 م.و عام 2015، ومن أبرز المشروعات القائمة، محطة شمسية صغيرة باستخدام الخلايا الكهروضوئية فوق سطح المبنى الهندسي بديوان عام هيئة تنمية واستخدام الطاقة الجديدة والمتجددة.

ثالثاً: التطبيقات المباشرة للطاقة الشمسية

تتميز مصر بارتفاع معدلات النمو السكاني، وزيادة الطلب على الطاقة لكل الأغراض، ومنها تسخين المياه في المنازل والفنادق وغيرها. ورغم ذلك بلغ إجمالي المساحات المركبة من السخانات الشمسية في مصر عام 2014/2013 حوالي 750 ألف م٢ فقط.

وبناءً عليه، يلاحظ أن استخدامات الطاقة الشمسية في مصر لا تتناسب مع الإمكانات الكبيرة التي تتمتع بها، حيث قدرت الإمكانات الحالية (نظرياً) لإنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية في مصر بـحوالي 73,656 تريليون وات ساعة/السنة وهو ما يعادل 73000 جيجاوات.ساعة /السنة (الغيطانى وعبدالغنى، 2012: 11)، ورغم ذلك لم يتعد إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية 114 ج.و.س عام 2014/2013. ويرجع انخفاض مستوى استخدامات الطاقة الشمسية لعدد من الأسباب (معهد التخطيط القومي، 2016: 93-94)، منها: وجود فجوة زمنية بين مبادرات استخدام الطاقة الشمسية في مصر وبعض دول أوروبا وآسيا مثل ألمانيا والصين. وربما يرجع ذلك إلى أن مصر ليست من الدول المبتكرة لتقنيات الطاقة الشمسية، ولا تمتلك الخبرات الفنية اللازمة لتشغيل وتنفيذ هذه النظم. وتنخفض استخدامات الطاقة الشمسية أيضاً بسبب ارتفاع

التكلفة الاستثمارية، وضعف الترويج لتطبيقاتها، وانخفاض تكلفة البدائل المتاحة أمام المستهلكين لانخفاض تكلفة الوقود.

ولا يمكن اعتبار عدم القدرة على ابتكار التكنولوجيا عائقاً أمام نموها، ذلك أن الصين حازت على أكبر نصيب في الأسواق الدولية للخلايا الكهروضوئية رغم أنها لم تكن من الدول المبتكرة للتقنية. ولكن تعود أسباب هذه الفجوة الزمنية إلى ضعف فاعلية هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، وضعف سياسات البحث العلمي والتطوير في الطاقة المتجددة، وعدم وجود الاهتمام والدعم الكافي من جانب الحكومة المصرية. ويعد ارتفاع التكلفة الاستثمارية أمراً طبيعياً لتكنولوجيا ناشئة. خاصةً، وأن الدول المبتكرة لهذه التكنولوجيا عانت من ارتفاع التكلفة في وقت ما. ولم يتم التغلب عليها إلا من خلال استمرار البحث العلمي وتركيزه في خفض هذه التكاليف. أما انخفاض تكلفة البدائل، فقد بدأ بالفعل تخفيض الدعم في مصر منذ عام 2014. ولكن خفض الدعم - لمجرد تقليل نسبة العجز في الموازنة العامة - دون حملات ترويجية وأساليب دعم كافية لبدائل الطاقة المتجددة لن يفيد في نمو استخدامات الطاقة المتجددة.

وهناك بعض الخطط المستقبلية لزيادة استخدام الطاقة الشمسية في مصر من خلال الوصول بالقدرات المركبة الكهروضوئية إلى 2580 م.و. وذلك كما يلي:

أ- 280 م.و باستخدام المناقصات التنافسية (200 منها بنظام الـ BOO[3] + 80 م.و مشروعات حكومية بمعرفة الهيئة).

ب- 2000 م.و باستخدام تعريفة التغذية الصادرة عام 2014.

ج- 300 م.و بنظام الحصص الإلزامية.

وتم الانتهاء من دراسات الجدوى الخاصة بمحطة توليد الكهرباء بواسطة الخلايا الكهروضوئية بالغردقة بالتعاون مع الوكالة اليابانية للتعاون الدولي (قدرة المحطة 20 م.و). وكذلك هناك مشروع محطة مماثلة بمنطقة كوم أمبو (قدرة 20 م.و) بالتعاون مع الوكالة الفرنسية للتنمية.

4- إمكانات وواقع استخدام الطاقة الحيوية في مصر:

تشمل الكتلة الحيوية كل المخلفات الزراعية أو الصناعية أو المنزلية – صلبة كانت أم سائلة – والتي تحتوى على طاقة كيميائية (مستمدة من الشمس) يمكن تحريرها في صورة طاقة حرارية عن طريق الحرق المباشر أو تحويلها لأشكال أخرى من الطاقة عن طريق المعالجة البيولوجية. وتتوفر لجميع دول العالم مصادر متنوعة للكتلة الحيوية، يتوقف حجمها على عدد ومعدل نمو السكان، ومستوى المعيشة، والتوسع العمراني والحضري، وتقدم طرق الإنتاج، ومعدل النمو الاقتصادي وغيرها. وتعد مصر من الدول ذات الكثافة السكانية العالية، والميل للاستهلاك فيها مرتفع، ولا يوجد فرق كبير بين عدد سكان الريف والحضر. وتمثل المخلفات الزراعية في مصر (مثل قش الأرز والقصب وحطب الذرة وغيرها) أعلى نسبة من إجمالي المخلفات الصلبة (نسبة تصل إلى 32%)، يليها مخلفات تطهير الترع والمصارف والمخلفات البلدية الصلبة بنسبة 27% لكل منها، ثم المخلفات الصناعية بنسبة 7% فقط، ويمكن استخدامها جميعاً للحصول على الطاقة الحيوية. وكذلك تمتلك مصر إمكانات كبيرة من المخلفات الحيوانية ومخلفات معالجة الصرف الصحي

[3] نظام البناء والتملك والتشغيل BOO= Build + Own + Operate

(الحمأة)، ولكن لا توجد أرقام دقيقة نظراً لعدم وجود إدارة متكاملة للمخلفات في مصر. وبالتالي تمتلك مصر موارد كبيرة للكتلة الحيوية، ولكنها غير مستغلة تجارياً بالشكل الصحيح. ويظهر ذلك من عدم تسجيل قدرات مركبة لإنتاج الكهرباء حتى عام 2017 باستخدام الكتلة الحيوية، ولا توجد أية بيانات عن إنتاج الوقود الحيوي واستخدامه في قطاع النقل. (مركز المعلومات ودعم اتخاذ القرار، 2012: 6).

وبناءً على ما سبق، يمكن القول أن هناك ثلاثة أنواع من الطاقة الحيوية وفقاً لمصدرها أو المادة الخام المستخدمة في إنتاجها وهي (النقراشى وآخرون، 2009: 122): **طاقة الكتلة الحيوية الصلبة**، ويمكن الحصول عليها عن طريق الحرق المباشر للمخلفات الصلبة مثل حطب الذرة وقش الأرز وغيرها، واستخدام الحرارة الناتجة في توليد البخار لإنتاج الكهرباء. وتنتشر هذه العملية في الريف المصري ولكن بطريقة غير نظيفة للتدفئة وإنتاج الخبز. وليس من الصعب تطوير التقنيات اللازمة للاستفادة من هذه المصادر على مستوى تجاري في مصر. أما **طاقة الوقود الحيوي السائل**، فتأتي من مصدرين هما الإيثانول الحيوي، ويستخرج من النباتات والمحاصيل التي تحتوي على نسبة سكريات عالية أو نشويات مثل القمح والذرة وقصب السكر. والنوع الثاني هو الديزل الحيوي، ويأتي من النباتات والمحاصيل الزيتية مثل عباد الشمس وفول الصويا ونباتات أخرى مثل الجاتروفا. ويؤدي إنتاج الوقود الحيوي من المحاصيل الغذائية إلى تشابكات بين تأمين الطاقة والأمن الغذائي. حيث أن الوقود الحيوي يرفع أسعار المواد الغذائية بزيادة الطلب عليها باعتبارها مواد وسيطة لإنتاجه. ومن ثم، فإن اقتصاديات إنتاج الإيثانول الحيوي والديزل الحيوي في أية دولة ينبغي أن تُبنى أولاً على حالة الاكتفاء الذاتي من المحاصيل الغذائية.

ويلاحظ أن التخطيط لإنتاج الإيثانول الحيوي في الصين كان بغرض الاستفادة من مخزون متراكم لسنتين ماضيتين من المحاصيل الغذائية. وعندما تجاوزت عملية الإنتاج الفعلية مخزون الغذاء إلى المحاصيل الجديدة، وضعت الحكومة الصينية قيوداً صارمة على إنتاج الإيثانول الحيوي. وبناءً عليه، تعتبر نسب الاكتفاء الذاتي من المحاصيل الغذائية في مصر هي نقطة الإنطلاق في تحليل اقتصاديات الوقود الحيوي. وقد بلغت نسبة الاكتفاء الذاتي عام 2016 من محاصيل القمح والذرة 49,1%، 56,2% على التوالي (الجهاز المركزى للتعبئة والإحصاء، 2017: 49). أي أنه توجد فجوة كبيرة في توفير هذه المحاصيل لغرض الغذاء، ويتم سداد هذه الفجوة عن طريق الواردات. وبالتالي ليس منطقياً أن يتم خلق طلب إضافي عليها في الأجل القصير والمتوسط لإنتاج الإيثانول أو الديزل الحيويين. ولا توجد موارد مائية كافية لتلبية هذا الطلب الإضافي. وحتى إذا لم تنتج مصر الإيثانول والديزل من الحبوب، فإن أمنها الغذائي مهدد بشكل كبير. وذلك أنها من الدول المستوردة للحبوب، وإذا استمر النمو العالمي في إنتاج الوقود الحيوي (90% من هذا الوقود من محاصيل غذائية)، ربما ترتفع أسعار المواد الغذائية عالمياً، ومعها فاتورة الواردات المصرية (جلال، 2013: 62-63).

وبناءً عليه، يمكن اللجوء إلى خيارات أخرى بعيداً عن المحاصيل الغذائية وأبرزها نبات الجاتروفا. وقد بدأت مصر بالفعل مشروع استخدام مياه الصرف المعالجة لزراعة الغابات. ويحقق المشروع مزايا عديدة منها (وزارة البيئة، 2017: 323):

أ- الاستفادة من مياه الصرف الصحي المعالجة في زراعة الغابات، واستصلاح وإضافة مساحات جديدة من الصحراء.

ب- عدم إهدار حصة المياه العذبة النادرة في الصحراء، وحماية مصادر المياه العذبة من التلوث بسبب مياه الصرف الصحي.
ج- توفير جزء من الأخشاب محلياً بدلاً من استيرادها بالكامل، وإنتاج الوقود الحيوي من بعض النباتات المزروعة مثل الجاتروفا.

وقد بلغت المساحات المزروعة 18 ألف فدان في 34 غابة موزعة على 17 محافظة. ومن المخطط زراعة 17 ألف فدان أخرى، في المناطق التي بها ظهير صحراوى قريب من محطات معالجة الصرف الصحي. ويلاحظ أن معظم المناطق التي تزرع فيها الجاتروفا هي من الأقل نمواً والأكثر ريفية وفقراً. وبالتالي فإن لها أثراً اجتماعياً كبيراً من حيث توفير فرص العمل لأبناء هذه المناطق، وأثراً اقتصادياً يتمثل في خلق صناعة ناشئة. ويمكن الاستفادة من هذه المزارع في المستقبل لتكون قاعدة لصناعة الديزل الحيوي وتصديره، خاصة وأن الاتحاد الأوروربى - أكبر أسواق الوقود الحيوي في العالم – قد وضع استراتيجية للوصول بالوقود الحيوي إلى نسبة 10% من استهلاك قطاع النقل بحلول 2020. وهذه فرصة للديزل الحيوي المصري أن ينافس في السوق الأوروبي، مع ملاحظة أن تكلفة النقل ستكون أقل من تكلفة نقله من الولايات المتحدة أو البرازيل لأوروبا. وتشير التقديرات في مصر إلى أن كل مليون هكتار (2,4 مليون فدان) يتم زراعته بالجاتروفا سينتج مليون طن من الديزل الحيوي، ويقلل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بمقدار 2 مليون طن (Soliman and He, 2015: 198).

أما **طاقة الغاز الحيوي** فتأتي من الغاز الناتج عن تحلل المواد العضوية مثل المخلفات الحيوانية والآدمية وغيرها بطريقة التخمر اللاهوائى داخل مخمرات (هواضم) مخصصة لذلك[4]. ويشكل الميثان معظم الغاز الناتج. ومن أبرز مزايا الغاز الحيوي:

أ- اتساع نطاق المواد الوسيطة الداخلة في إنتاجه، مثل المخلفات الحيوانية (روث الحيوانات)، والمخلفات النباتية (بقايا الحصاد/ قش الأرز/ نواتج تقليم الأشجار/ الثمار التالفة) وغيرها.
ب- إمكانية إنشاء الوحدات بأحجام صغيرة لتلبي حاجة أسرة واحدة، بعكس إنتاج الإيثانول والديزل.
ج- إنتاج سماد عضوى ذو قيمة عالية وأفضل بكثير من السماد التقليدي.
د- التخلص الفورى من المخلفات المسببة للأمراض المختلفة وإيقاف تحللها في الهواء.
ه- توفير تكاليف ومتاعب شراء أسطوانات البوتاجاز وخصوصاً في الريف المصري.

وقد وصل حجم الطلب على السماد لأغراض الزراعة إلى 53 مليون طن عام 2010، بالإضافة إلى 1,5 مليون طن سنوياً تحتاج إليه الأراضي المستصلحة، ويُتوقع ارتفاع الطلب مع زيادة استصلاح الأراضي. هذا، ولا تتعدى الطاقة الإنتاجية الحالية للسماد 20,7 مليون طن سنوياً (Elfeki and Tkadlec, 2015: 760).

[4] تتكون وحدة إنتاج البيوجاز (الغاز الحيوي) من أربع مكونات هي أ- المخمر أو الهاضم (مكان مغلق فيه يتم تخمر وتحلل النفايات). ب- خزان الغاز (يعلو قمة الهاضم وبه فتحة لخروج الغاز). ج- حوض تغذية (توضع به المخلفات بعد خلطها بالماء ودفعها إلى الهاضم). د- حوض خروج السماد العضوى. ه- مجموعة الأنابيب الموصلة إلى المخمر والموصلة إلى أماكن الاستهلاك.

وقد وُجد أن إمكانات إنتاج الغاز الحيوي في مصر بالنسبة لمعدلات النفايات المرصودة عام 2010 في حدود 13,34 مليار متر مكعب (12,94 مليار متر مكعب غاز طبيعي) ، وهو ما يمثل 23,44% من إنتاج الغاز الطبيعي عام 2010، أي الربع تقريباً[5]. ومع انخفاض حجم إنتاج الغاز الطبيعي إلى 45,6 مليار متر مكعب عام 2015، وبافتراض ثبات معدلات النفايات كما هي، فإن إنتاج الغاز الحيوي سيمثل حوالي 29,25% من إنتاج الغاز الطبيعي، الأمر الذي يمكن معه تغطية العجز المحلي، وإيجاد فائض للتصدير[6]. وستوفر هذه الكمية من الغاز الحيوي سماداً عضوياً عالى القيمة في حدود (11,2- 12,8) مليون طن سنوياً، ما يعني إضافة قدرها 54% إلى إنتاج عام 2010. وكلما زاد حجم النفايات وارتفعت كفاءة تجميعها وتصنيفها زاد إنتاج الغاز الحيوي ومعه حجم السماد (Elfeki and Tkadlec, 2015: 763).

ورغم كل هذه المميزات لم تخطو مصر في مجال إنتاج الغاز الحيوي إلا بضع خطوات صغيرة. وأغلبها تم على مستوى تجريبي، ومن بينها "مشروع الكتلة الحيوية للتنمية الريفية المستدامة ". ويستهدف المشروع بناء 600 وحدة بيوجاز صغيرة في حوالي 60 قرية، وقد تم فعلياً بناء ما يقرب من 1000 وحدة عامي 2014 و 2015 فقط. وهذا المشروع يتم تنفيذه بتمويل جزئي من وزارة البيئة وبالتعاون مع البرنامج الإنمائي للأمم المتحدة ومرفق البيئة العالمية. وقد تم تأسيس شركات متخصصة في تقديم خدمة تنفيذ وتشغيل وصيانة وحدات البيوجاز المنزلية كإحدى أسس إقامة سوق للغاز الحيوي. وعلى مستوى الأحجام الأكبر تم الانتهاء من تنفيذ أولى الوحدات التجارية بالفيوم، وهي تنتج 50 متر مكعب بيوجاز يومياً (وزارة البيئة، 2017: 346-347). بالإضافة إلى مشروعات أخرى متفرقة مثل محطة معالجة الصرف الصحي لمدينة القاهرة بالجبل الأصفر. وتعتبر هذه المحطة من أكبر المحطات على مستوى العالم، وتمتلك مساحات كبيرة تابعة لها، ومزروعة بأشجار الجاتروفا. وتقوم المحطة بمعالجة رواسب الصرف الصحي لإنتاج الغاز الحيوي الذي يمدها بطاقة كهربائية ذاتية. وهناك أيضاً مشروع تدوير قش الأرز لإنتاج الغاز الحيوي بالتعاون بين وزارات البترول والزراعة وغيرها.

[5] 1 مليار متر مكعب غاز طبيعي = 1.031 مليار متر مكعب غاز حيوى.

[6] وتزيد هذه النسبة بعد خصم حصة الشريك الأجنبي من الإنتاج المحلي للغاز الطبيعي.

المبحث الثالث

دوافع وتحديات زيادة الاعتماد على الطاقة المتجددة

تمتلك مصر من الدوافع ما يحتم عليها زيادة الاعتماد على الطاقة المتجددة أكثر من بعض الدول التي تسبقها في ذلك. وقد تمثل الدافع الأول لألمانيا في تأمين إمدادات الطاقة، لأنها تعتمد على استيراد معظم احتياجاتها من النفط والغاز. ورغم أن ألمانيا تمتلك احتياطيات كبيرة من الفحم، وقدرات نووية، إلا أنها تسعى لاستبدالها بالطاقة المتجددة لأسباب تتعلق باستدامة الطاقة وأمن الإمدادات. وتعتمد مصر كذلك على واردات النفط، ومؤخراً بدأ العجز في إنتاج الغاز الطبيعي. ولا تمتلك أية قدرات نووية حتى الآن مثل ألمانيا، ولكنها تمتلك إمكانات للطاقة المتجددة أكثر بكثير من ألمانيا بحكم موقعها الجغرافي. أما نمو الطاقة المتجددة في الصين فقد كان مدفوعاً بأمرين، الأول: ارتفاع معدلات التلوث حتى صار للصين ستة مدن من بين أكثر عشرة مدن تلوثاً على مستوى العالم. والأمر الثانى: رغبة الصين في السيطرة على نصيب من السوق الناشئة للطاقة المتجددة. ويلاحظ في مصر ارتفاع معدلات تلوث الهواء بالجسيمات الصلبة الناتجة عن عوادم السيارات ومحطات توليد الكهرباء بنسبة تزيد عن 60% من المعدل المسموح به عالمياً في منطقة القاهرة الكبرى (وزارة البيئة، 2017: 46). ولا تستهدف مصر نصيباً من السوق الدولية للطاقة المتجددة، رغم وجود فرص متاحة.

ولن تكفي الدوافع وحدها لتحقيق الأهداف، فدائماً ما يوجد مزيج من التحديات الواجب تخطيها لتحقيق المطلوب. ومن بين التحديات التي تواجه الطاقة المتجددة، ارتفاع نسبة الاعتماد على الوقود الأحفوري، وارتفاع تكلفة تكنولوجيات الطاقة المتجددة، ومجموعة السياسات التي ينبغي اتباعها وغيرها.

1- دوافع زيادة الاعتماد على الطاقة المتجددة في مصر:

يتكون قطاع الطاقة في مصر مؤسسياً من وزارتين هما وزارة البترول ووزارة الكهرباء والطاقة المتجددة. ولكل منهما رؤية استراتيجية خاصة. وتتمثل الرؤية الاستراتيجية لوزارة البترول في "التخصيص الكفء لمصادر الطاقة المتاحة في مصر من أجل تنمية اقتصادية واجتماعية وبيئية متوازنة ومستدامة مع الحفاظ على حق الأجيال القادمة" (معهد التخطيط القومي، 2007: 12). أما رؤية وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة، فتتمثل في "العمل على ضمان توفير الطاقة الكهربائية لكافة مستخدميها في كافة المجالات بشكل آمن ومستقر وفق المعايير العالمية، وبما يضمن توفير خدمة عالية الجودة تحقق رضاء المستهلك وتفي باحتياجاته وعلى أسس اقتصادية، مع مراعاة الأبعاد البيئية والاعتبارات الاجتماعية". ويتحقق ذلك من خلال محاور ثلاثة هي: تأمين إمدادات الكهرباء من خلال تنويع مصادر التوليد والتوسع في توليد الكهرباء من الطاقة المتجددة، وتوفير الوقود التقليدي لتأمين الطاقة للأجيال القادمة، وأخيراً: تحسين البيئة والحفاظ عليها والحد من عملية الاحتباس الحراري (هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، 2015: 12).

وتتمثل استراتيجية هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة في الوصول بالطاقة المتجددة إلى نسبة 20% من إجمالي القدرات المركبة بحلول 2020. وتم تأجيل الهدف إلى 2022 نظراً للمستجدات والأحداث السياسية التي شهدتها مصر خلال الفترة الماضية.

وفي ضوء رؤية وزارتي البترول والكهرباء، واستراتيجية الطاقة المتجددة التي وُضعت عام 2008، يمكن استنتاج عدد من الملاحظات، منها:

أ- تم اشتقاق رؤية وزارة البترول من مفهوم التنمية المستدامة عموماً، ومفهوم استدامة الطاقة بشكل خاص. وحُدّدت هذه الاستدامة بمحددات ثلاث هي التخصيص الكفء لمصادر الطاقة المتاحة، وتأمين إمدادت الطاقة، وتحقيق التنمية الاقتصادية والاجتماعية والبيئية المتوازنة. ولكن عند مطالعة الأهداف التي يُفترض أن تعكس الرؤية الاستراتيجية، يلاحظ التركيز على زيادة الاحتياطيات المؤكدة من البترول الخام، وتكثيف جهود البحث والاستكشاف في المناطق الجديدة، وزيادة معدلات الإنتاج من البترول ومنتجاته والغاز الطبيعي، وضرورة الحفاظ على البيئة. وتعتبر زيادة الاحتياطيات هدفاً مشروعاً، لكن استمرار سياسة الشراكة الأجنبية في البحث والاستكشاف على وضعها الحالي سيؤدي لاستنفاد الاحتياطيات بأقرب مما هو متوقع. أما زيادة معدلات الإنتاج من البترول الخام ومنتجاته والغاز الطبيعي دون ترشيد الاستهلاك المحلي، ودون تعديل سياسة التجارة الخارجية؛ فلا يتفق أيضاً مع التخصيص الكفء لمصادر الطاقة. ولا يُعرف حتى الآن ما هو مفهوم الحفاظ على البيئة وما هي آليات تنفيذ ذلك بالنسبة لوزارة البترول، لاسيما أن الإفراط في إنتاج واستخدام البترول الخام هو أحد أسباب تدهور حالة البيئة.

ب- يقتصر استخدام الطاقة المتجددة في مصر على إنتاج الكهرباء وقليل من أنشطة الإنارة وتدفئة المياه. ولا يوجد هدف محدد لإنتاج الوقود الحيوي واستخدامه في قطاع النقل. وقد يتم تبرير ذلك بأن قطاع الكهرباء يستهلك النسبة الأكبر في إجمالي استهلاك الطاقة، ولكن نسبة قطاع النقل ليست بالقليلة، فهو يأتي ثالثاً بنسبة 16% بعد قطاعي الكهرباء والصناعة، كما يوضح الجدول السابق رقم (3-3). وجدير بالذكر أن هناك بعض الضوابط المعلنة من قبل وزارة البترول والثروة المعدنية فيما يتعلق بإنتاج الوقود الحيوي وتتمثل في، عدم إنتاج الوقود الحيوي من المحاصيل الغذائية، والاستعانة بنباتات أخرى ليست غذاءً أساسياً ولا تحتاج لكميات كبيرة من المياه كمواد خام لإنتاج الإيثانول والديزل الحيويين، بالإضافة إلى استغلال مخلفات المحاصيل، بشرط أن تكون التكنولوجيا المستخدمة قد تم تطبيقها على نطاق تجاري (جلال، 2013: 64).

ج- من بين المحاور الرئيسة لرؤية وزارة الكهرباء، توفير الوقود التقليدي للأجيال القادمة. ويتناقض ذلك مع المحور الثاني الذي يهدف للحفاظ على البيئة. وينبغي أن يدور هذا المحور حول تقليل استخدامات الوقود الأحفوري إلى الحد الأدنى، بما يتفق مع هدف الحفاظ على البيئة.

د- يمكن استنباط الدوافع الأساسية لتنمية الطاقة المتجددة وزيادة حصتها في مزيج الطاقة من خلال رؤية وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة. وتتمثل هذه الدوافع في تأمين إمدادات الكهرباء، وتوفير الوقود الأحفوري للأجيال القادمة والحفاظ على البيئة. وتوجد دوافع أخرى جديرة بالاهتمام لم تتضمنها رؤية الوزارة. وبناءً عليه، سيتم تقسيم الدوافع إلى قسمين، الأول: دوافع زيادة الاعتماد على الطاقة المتجددة في رؤية وزارة الكهرباء والطاقة. والقسم الثاني: دوافع أخرى تجاهلتها الرؤية العامة لوزارة الكهرباء والطاقة.

1-1- دوافع زيادة الاعتماد على الطاقة المتجددة في رؤية وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة:

1-1-1- تأمين إمدادات الطاقة الكهربائية:

يستلزم تأمين إمدادات الكهرباء أمرين: الأول، سلامة واتساع البنية التحتية لخطوط الكهرباء حتى تصل الخدمة لكافة المستهلكين. والثاني، تأمين إمدادات الوقود المستخدم في إنتاج الكهرباء. وتعتمد مصر في إنتاج الكهرباء كما سبق الذكر على كل من الوقود الأحفوري بنسبة 91,11%، والطاقة الكهرومائية بنسبة 7,9%، والطاقة المتجددة بنسبة 1%. وتواجه المصادر الثلاثة المستخدمة بعض المشكلات بشأن توافر إمدادتها، وذلك كما يلي:

أولاً: إمدادات الوقود الأحفوري

اعتمدت محطات إنتاج الكهرباء في مصر على الغاز الطبيعي بنسبة 73,6% عام 2015، يليه المازوت والسولار بنسبة 25%، و2% على الترتيب (الشركة القابضة لكهرباء مصر، 2015: 24). وبالنظر إلى تطور إنتاج واستهلاك مصر من النفط والغاز في السنوات الأخيرة في الجدول السابق رقم (3- 1)، يلاحظ وجود عجز في إنتاج النفط عام 2015 مقداره 3,6 مليون طن (بنسبة 9,1% من حجم الاستهلاك). وكذلك، هناك عجز في إنتاج الغاز الطبيعي مقداره 2 مليون طن مكافئ نفط (بنسبة 4,65% من حجم الاستهلاك). وهذه النسب قبل خصم حصة الشريك الأجنبي. وقد سبق توضيح أسباب هذا العجز في إنتاج النفط والغاز.

وتتمثل المخاطر الأساسية في مسألة تأمين الوقود الأحفوري فيما يلي:

أ- في حالة استيراد نسبة العجز من الخارج قد تتعرض مصر لتغير سياسات الدول المصدرة للنفط. أو تواجه مخاطر تعطل أو تفجير البنية التحتية لأنابيب النفط.

ب- تأمين مزيد من النقد الأجنبي لاستيراد النفط في حال ارتفاع الأسعار بشكل مفاجئ.

ج- لن يؤثر عجز الغاز الطبيعي على تأمين إمدادات الكهرباء فقط، وإنما سيضعف قدرة مصر على الوفاء بعقود التصدير طويلة الأجل.

ثانياً: إمدادات الطاقة الكهرومائية

لم تتغير قدرات الطاقة الكهرومائية منذ وقت طويل. ولذلك تنخفض نسبتها في إنتاج الكهرباء بسبب زيادة القدرات الحرارية. وتتوقف إمدادات الطاقة الكهرومائية على استمرار تدفق المياه بنفس المعدلات. ويبرُز هنا تهديد احتمال انخفاض حصة مصر من مياه النيل نتيجة بناء سد النهضة في إثيوبيا، مما قد يؤثر على إنتاج الكهرباء من السد العالي وغيره.

ثالثاً: إمدادات الطاقة المتجددة

تمتلك مصر إمكانات كبيرة من طاقة الرياح والطاقة الشمسية، لكن نسبتها في إنتاج الكهرباء ضئيلة للغاية. ويرجع ذلك لأسباب عدة سبق تفصيلها. ويضاف إليها مشكلة تقطع الإمدادات بسبب تغير سرعات الرياح، وانخفاض عدد ساعات سطوع الشمس في بعض الأوقات والمناطق. وقد تم التغلب على هذه المشكلة من خلال النظم الهجينة المعتمدة على طاقة الرياح أو الشمس بشكل أساسي مع دعمها بمحطة حرارية تعمل في أوقات عدم انتظام هبوب الرياح، أو غياب أشعة الشمس. وقد طُبّقت هذه التكنولوجيا في مصر بالفعل في

محطة الكريمات، حيث تتضمن هذه المحطة قدرات مركبة (120 م.و مكون حرارى+ 20 م.و مكون شمسي). ومن بين الحلول، أمكن تطوير تكنولوجيات تخزين الطاقة والاعتماد على البطاريات للسحب منها حال توقف إنتاج الكهرباء من المحطات.

وبناءً عليه، فإن كل من الوقود الأحفوري والطاقة الكهرومائية والمتجددة يواجه قدراً من المخاطر. ويصعب تأمين إمدادات الطاقة في ظل الاعتماد على مصدر وحيد منها. ويقتضي تأمين الإمدادات في مصر توزيع هذه المخاطر على أكثر من مصدر، وعدم زيادة معدلات الإنتاج ومن ثم زيادة الارتباط بالوقود الأحفوري. وكلما زاد تنوع مصادر الطاقة زاد أمن الإمدادات وانخفضت مخاطر الاعتماد على مصدر وحيد. وقد ارتبطت الطاقة المتجددة بتأمين إمدادات الطاقة لأنها مصادر محلية غير ناضبة ومتنوعة، على عكس الوقود المستورد، وبالتالي فهي تضمن رفع مستوى أمن الطاقة.

2-1-1 توفير الوقود التقليدي للأجيال القادمة:

يعتبر قطاع الكهرباء أكثر القطاعات استهلاكاً للوقود الأحفوري في مصر. حيث بلغ معدل نمو استهلاك الوقود في هذا القطاع خلال السنوات الخمس الأخيرة 5,64% سنوياً. بينما انخفضت معدلات إنتاج الغاز الطبيعي في السنوات الأخيرة حتى أصبح هناك عجز عن تلبية الاستهلاك بنسبة تقترب من الـ 5%، وهناك تذبذب واضح في معدلات إنتاج النفط. وإذا استمرت الزيادة في استهلاك قطاع الكهرباء للوقود بنفس المعدل، فلن يستطيع إنتاج المنتجات البترولية والغاز الطبيعي تلبية هذا الطلب، وخاصة إذا لم يتم تسجيل اكتشافات جديدة لزيادة معدلات إنتاج النفط والغاز. وبالتالي ستفشل مساعي توفير الوقود التقليدي للأجيال القادمة.

ويتضح من الجدول التالي تراجع نسبة الاعتماد على الغاز الطبيعي في إنتاج الكهرباء من 84,3% عام 2012/2011 إلى 73,6% عام 2015/2014. ولم يكن هذا التراجع لصالح الطاقة المتجددة، وإنما لصالح المازوت والسولار لتصبح نسبة كل منهما 25,3%، 1,42% على التوالي عام 2015/2014. وهي بدائل أقل كفاءة وأكثر تلويثاً للبيئة، وتسبب أضراراً للوحدات المصممة للعمل بالغاز الطبيعي.

جدول رقم (3 -8) تطور هيكل الوقود المستخدم لإنتاج الكهرباء في مصر
خلال الفترة (2012/2011 -2015/2014)

الوقود المستهلك	2012/2011	2013/2012	2014/2013	2015/2014
الغاز الطبيعي	%84,3	%79,1	%75,3	%73,6
السولار (عادى+مخصوص)	%0,2	%0,2	%0,42	%1,42
المازوت	%15,49	%20,7	%24,3	%25,3

المصدر: إعداد الباحث بالاستعانة ببيانات تقرير الشركة القابضة لكهرباء مصر، سنوات مختلفة.

ولم يكن تراجع نسبة الاعتماد على الغاز الطبيعي بدافع توفير الوقود التقليدي للأجيال القادمة، إذ تم تعويضه بالمازوت والسولار. وبما أن كليهما من المشتقات النفطية الملوثة للبيئة فإن زيادة استخدامهما يتناقض مع المحورين الاول والثالث لاستراتيجية وزارة الكهرباء، واللذين يهتمان بالتوسع في استخدام مصادر الطاقة المتجددة، وبتحسين وحماية البيئة.

1-1-3 حماية وتحسين البيئة والحد من الاحتباس الحراري:

تضمنت رؤية وزارة الكهرباء محوراً يتعلق بحماية وتحسين البيئة والحد من التغير المناخي. ويتم ذلك بتقليل **ملوثات الهواء المحلى الستة**، ومسببات الاحتباس الحراري ومنها انبعاثات **ثانى أكسيد الكربون**. ويعتبر قطاع الكهرباء المصري هو العامل المشترك في الملوثات الستة بجانب حرق الوقود في قطاع النقل. وتشير البيانات الواردة في الجدول التالي رقم (3- 9) إلى أن ملوثات ثاني أكسيد الكبريت وثاني أكسيد النيتروجين وأول أكسيد الكربون ما زالت في الحدود المسموح بها حتى عام 2015. بينما لا يتوفر عن الأوزون بيانات دقيقة.

وتبقى الجسيمات العالقة الصلبة مصدر القلق الرئيس في مصر. وهي تنقسم إلى جسيمات صلبة ذات قطر أقل من 10 ميكرون، وأخرى ذات قطر أقل من 2,5 ميكرون. وقد بلغ تركيز النوع الأول في منطقة القاهرة الكبرى والدلتا نحو 163 ميكروجرام/م^3 كمتوسط سنوي، في حين أن الحد الأقصى المسموح به هو 70 ميكروجرام/م^3. ويختلف هذا التركيز بين المناطق الحضرية والمناطق الصناعية. حيث بلغ تركيز المناطق الحضرية 153 ميكروجرام/م^3 (بزيادة قدرها 119% عن الحد المسموح)، وبلغ تركيز المناطق الصناعية 210 ميكروجرام (بزيادة قدرها 200%). وتأتي هذه الجسيمات من انبعاثات المركبات نتيجة الحرق غير الكامل للوقود، بالإضافة إلى مناطق الحرق المكشوفة للمخلفات العضوية، وفي أماكن قريبة من الكتلة السكنية. وأما الجسيمات الصلبة ذات القطر الذي يقل عن 2,5 ميكرون فهي أشد خطورة على صحة السكان لكونها تسبب أمراض الربو، وتؤثر على وظائف القلب والجهاز التنفسى. وقد كان متوسط التركيز اليومى لها 80 ميكروجرام/م^3 بزيادة 60% عن الحد الأقصى المسموح به وهو 50 ميكروجرام/م^3/يومياً. ويتمثل المصدر الرئيس لهذه الجسيمات في احتراق الوقود أيضاً داخل محركات السيارات بالإضافة إلى محطات توليد الكهرباء والمصانع التي تستخدم الوقود الأحفوري كمصدر مباشر للطاقة.

وبناءً عليه، فإن هناك ضرورة ملحة للسيطرة على المصادر الأساسية لإطلاق الجسيمات الصلبة في مصر وهي: احتراق الوقود الأحفوري داخل محركات السيارات، وفي محطات الكهرباء. ويكفي الإشارة إلى أن قطاعي الكهرباء والنقل يستهلكان معاً 58.4% من الاستهلاك الكلي للمنتجات البترولية والغاز الطبيعي في مصر. وبالتالي فإن السيطرة على هذين المصدرين سيضمن بشكل كبير تقليل معدلات تلوث الهواء بهذه الجسيمات.

جدول رقم (3 -9) نسب تركيز الملوثات الرئيسة في مصر إلى حدها الأقصى والمسموح به عام 2015

الملوث	المناطق	متوسط التركيز	الحد الأقصى المسموح به	نسبة متوسط التركيز إلى الحد الأقصى
ثاني أكسيد الكبريت	حضرية	15 ميكروجرام/م³/ سنوياً	50 ميكروجرام/م³/ سنوياً	%30
	صناعية	20 ميكروجرام/م³/ سنوياً	60 ميكروجرام/م³/ سنوياً	%33
ثاني أكسيد النيتروجين	حضرية	32 ميكروجرام/م³/ سنوياً	60 ميكروجرام/م³/ سنوياً	%53
	صناعية	19 ميكروجرام/م³/ سنوياً	80 ميكروجرام/م³/ سنوياً	%24
أول أكسيد الكربون	--	30 ملليجرام/م³/ متوسط تركيز الساعة	30 ملليجرام/م³/متوسط تركيز الساعة	%100
الأوزون*	--	--	--	--
الجسيمات العالقة الصلبة (قطر أقل من 10 ميكرون)	حضرية	153 ميكروجرام/م³/ سنوياً	70 ميكروجرام/م³/ سنوياً	%219
	صناعية	210 ميكروجرام/م³/ سنوياً	70 ميكروجرام/م³/ سنوياً	%300
الجسيمات العالقة الصلبة (قطر أقل من 2.5 ميكرون)	--	80 ميكروجرام/م³/ يومياً	50 ميكروجرام/م³/ يومياً	%160

المصدر: إعداد الباحث بالاستعانة ببيانات تقرير حالة البيئة في مصر عام 2017

*لم تتوفر بيانات عن الحد الأقصى المسموح به أو التركيز المحلي لغاز الأوزون في التقرير الصادر عام 2017.

وفيما يتعلق بانبعاثات ثاني أكسيد الكربون في مصر فقد وصلت في مجملها عام 2015/2014 إلى 201,34 مليون طن مكافئ Co_2 مقابل 181,95 مليون طن عام 2011/2010، بزيادة قدرها 19,4 مليون طن (معدل نمو 10,6%). ويعتبر قطاع الكهرباء هو أكبر باعث لثاني أكسيد الكربون بـ 85,77 مليون طن مكافئ Co_2 ونسبة 42,6% عام 2015/2014 مقابل 37,2% عام 2011/2010. ويليه في الترتيب قطاع النقل بـ 35,94 مليون طن ونسبته 17,8%، ثم قطاع الصناعة بـ 34,7 مليون طن بنسبة 17,2%، مقابل 17,6% و 18,8% عام 2011/2010 على الترتيب.

ويلاحظ من ذلك أمرين:

الأمر الأول: ارتفعت نسبة مساهمة قطاعي الكهرباء والنقل في الانبعاثات بين عامي 2011 و 2015، ولم تنخفض إلا في قطاع الصناعة. وترجع هذه التغيرات في المقام الأول إلى زيادة استهلاك الوقود داخل القطاعين. ويرجع انخفاض نسبة قطاع الصناعة للظروف السياسية والاقتصادية المضطربة بعد ثورة يناير، وإغلاق عدد كبير من المصانع، بالإضافة لإطلاق مشروع كفاءة الطاقة في القطاع الصناعي عام 2013 (الجهاز المركزى للتعبئة والإحصاء، 2017: 179).

الأمر الثاني: يزيد حجم انبعاثات قطاع النقل عن الصناعة رغم أن استهلاك القطاع الصناعي للوقود أكبر من قطاع النقل، كما ظهر في الجدول السابق رقم (3-3). ولدى مقارنة استهلاك كل قطاع من المنتجات البترولية

والغاز الطبيعي بكمية الانبعاثات الصادرة عنه، يتضح أن قطاع النقل هو الأكثر كثافة في الانبعاثات بين القطاعات الثلاثة. يليه قطاع الكهرباء ثم الصناعة. حيث تظهر النتائج أن كل مليون طن يستخدمه قطاع النقل من الوقود يُنتج انبعاثات تقدر بـ 3,06 مليون طن مكافئ Co_2 [7] . بينما يُنتج كل من قطاع الكهرباء والصناعة 2,76 و2,39 مليون طن Co_2 مقابل كل مليون طن من الوقود. ويبلغ مجموع استهلاك القطاعات الثلاثة 77,6% من إجمالي استهلاك الوقود.

1-2 الدوافع الأخرى التي لم تتضمنها رؤية وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة:

1-2-1- خلق مزيد من فرص العمل في قطاع الطاقة:

تعاني مصر من ارتفاع معدلات البطالة على المستوى الكلي. وقد ارتفع معدل البطالة من 8,9% عام 2007 إلى 12% عام 2011، ثم 13,2% عام 2013، ليستقرعند 12,8% عام 2015. وبلغ عدد المتعطلين عن العمل حوالي 3,652,000 شخص. ويلاحظ أن عدد الوظائف في قطاع البترول لا يتعدى 0,16% من إجمالي العمالة، وهي نسبة منخفضة جدا بالمقارنة بحجم الاستثمارات الذي وصل عام 2016/2015 إلى 62,7 مليار جنيه (نسبة 15,4% من إجمالي الاستثمارات الكلية)، وبلغت نسبة مساهمة القطاع في الناتج المحلي 12,4% عام 2016/2015.

ويرجع ارتفاع نسبة مساهمة القطاع في الناتج المحلي إلى ارتفاع قيمة ناتجه من النفط والغاز بشكل عام. أما انخفاض الوظائف فيرجع إلى أن قطاع البترول يعتبر من أكثر القطاعات كثافة في رأس المال. وبالنسبة لقطاع الكهرباء، يلاحظ أن نسبة الوظائف فيه وصلت إلى 0,8% من إجمالي الوظائف، بالرغم من أن نصيبه من الاستثمارات بلغ 4,1%، ومساهمته في الناتج المحلي لا تتعدى 1,7% (الجهاز المركزي للتعبئة والإحصاء، 2017: 32) (Al-Reffai et al, 2015: 19).

إذا، فإن قدرة قطاعي البترول والكهرباء بهيكلهما الحالي، على خلق الوظائف منخفضة بالنسبة لحجم الاستثمارات المنفذة فيهما، والتي وصلت إلى 19,5%، أي ما يقرب من خمس الاستثمارات الكلية. ولدى مقارنة ذلك بالاستثمار في الطاقة المتجددة، وُجد أن كل مليون دولار يتم استثماره في الطاقة المتجددة يوفر فرص عمل تصل إلى ثلاثة أضعاف ما يوفره نفس المليون دولار عند استثماره في قطاعات الطاقة التقليدية. وقد بلغ عدد وظائف الطاقة المتجددة في مصر حوالي 4200 وظيفة تقريباً عام 2015. وكانت القدرات المركبة تساوي 795 م.و نفس العام (25 م.و " كهروضوئية" + 20 م.و "شمسية مركزة" + 750 م.و "رياح"). وهذا يعني أن كل ميجاوات يتم تركيبها يقابلها 5,3 فرصة عمل. ونظراً لأن خصائص قطاع البترول لا تسمح بتوليد عدد كبير من فرص العمل على عكس قطاع الطاقة المتجددة، الذي يتميز باللامركزية وصغر حجم التطبيقات، الأمر الذي يتيح فرص عمل أكثر فيما يتعلق بالتركيب والتشغيل والصيانة (Peltier, 2017: 439). ومن ثم يعتبر الاستثمار في الطاقة المتجددة أحد الطرق لعلاج مشكلة البطالة في مصر.

[7] تم حساب هذه المعدلات من خلال قسمة كمية الانبعاثات الصادرة من كل قطاع على كمية الطاقة التي يستخدمها.

1-2-2 المشاركة في سلسلة القيمة العالمية للطاقة المتجددة:

ويقصد بسلسلة القيمة العالمية للطاقة المتجددة، القيمة المضافة لمنتج الطاقة المتجددة عبر البلدان المختلفة بدءًا من البحث العلمي والتطوير مروراً بمستلزمات الإنتاج والخدمات القانونية والاستشارية وغيرها حتى يصل المنتج كاملاً إلى المستهلك النهائي. ومثال ذلك، تبدأ سلسلة القيمة لأنظمة الطاقة الشمسية من إحدى الدول المتقدمة التي طورت تقنية التوليد بالبحث العلمي، ثم هناك الألواح الشمسية القائمة على مادة البولي سيليكون وتنتجها بعض الدول مثل الصين وألمانيا، وهناك أنظمة تحويل التردد والتحكم بالطاقة الشمسية، وأخيراً الأسلاك الكهربائية، ويضاف أيضاً التمويل النقدي والخدمات الاستشارية والقانونية ضمن مكونات سلاسل القيمة. ويمكن لمصر التي تمتلك موارد كبيرة من السيليكون النقى في رمال سيناء وفي منطقة غرب خليج السويس، إقامة مجمع صناعي لإنتاج البولى سيليكون وتصنيع الألواح الشمسية كإحدى مكونات سلسلة القيمة العالمية للنظم الشمسية. وهناك فرصة أخرى لأن تتخصص مصر وتتوسع في زراعة الجاتروفا -المادة الخام لإنتاج الديزل الحيوي على مساحات واسعة في الصحراء باستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة، وتصديره للاتحاد الأوروبى. ولكن أبرز مشكلة قد تواجه مصر عند محاولة المشاركة في سلسلة القيمة العالمية للألواح الشمسية؛ استخدام قواعد المنشأ وسياسات الحماية ضد الإغراق. وقد استخدمها الاتحاد الأوروبى لتقليل الصادرات الصينية من الخلايا الكهروضوئية إلى دول الإتحاد (National Board of Trade, 2015: 2)

1-2-3 إمكانات مصر من الطاقة المتجددة أعلى نسبياً من إمكاناتها من الوقود الأحفوري:

ويقصد بذلك أن ترتيب مصر من حيث إنتاج الوقود الأحفوري واحتياطياته ليس متقدماً بينما إمكانات الطاقة المتجددة لديها قد تجعلها بين أوائل الدول المنتجة لها. ويفضل أن تتخصص مصر في إنتاج ما تتمتع فيه بوفرة نسبية ويوفر احتياجاتها محلياً، وليس ما يستنزف مواردها المحدودة. وتستغني بذلك عن واردات الوقود الأحفوري أو صادراته التي تنخفض قيمتها بانخفاض الأسعار كما هو الحال منذ نهاية عام 2014.

بالنسبة للوقود الأحفوري، لم تتعد احتياطيات النفط في مصر نسبة 0,2% من الاحتياطي العالمي عام 2015، في حين أن احتياطيات الصين بلغت 1,1%، ولا تمتلك ألمانيا أية احتياطيات نفطية تقريباً. وتمتلك مصر احتياطيات من الغاز تعادل 1% تقريباً من الاحتياطي العالمي عام 2015، بينما تمتلك الصين نسبة 2,1%، ولا تمتلك ألمانيا كذلك احتياطيات من الغاز الطبيعي. ويلاحظ هنا امرين:

الأمر الأول: قد يتم تبرير توجه ألمانيا نحو الطاقة المتجددة بأنها لا تمتلك احتياطيات من النفط والغاز الطبيعي، وتسعى لتأمين إمداداتها. بينما مصر تمتلك، فيكون الحافز أقل نحو التحول. لكن يُذكر أن ألمانيا تمتلك احتياطيات كبيرة من الفحم وصلت إلى 4,5% عالمياً عام 2015 ولم تسجل أية احتياطيات مصرية من الفحم. وبالتالي فإن ألمانيا تهدف للتحول نحو الطاقة المتجددة لتأمين إمداداتها وتحسين البيئة.

الأمر الثاني: تمتلك الصين إمكانات من الوقود الأحفوري أعلى من مصر، حيث تصل احتياطيات الفحم والنفط في الصين إلى 12,3% و1,1% من الاحتياطي العالمي. ومع هذا تستهدف الصين التحول نحو الطاقة المتجددة.

وعليه، من الصعب إرجاع التحول نحو الطاقة المتجددة إلى توافر الوقود الأحفوري أو ندرته فقط.

وتمتلك مصر إمكانات واعدة لإنتاج الطاقة المتجددة، وتحديداً على مستوى الإشعاع الشمسي ومعدلات سرعة الرياح كما سبق ذكره. وتمتلك مصر القدرة على إنتاج الوقود الحيوي، خاصة في وجود الكثافة السكانية وتوافر مخلفات المحاصيل وارتفاع نسبة مساهمة القطاع الزراعي في الناتج المحلي، فضلاً عن المناطق الصحراوية الواسعة لزراعة الجاتروفا.

1-2-4 تحقيق دخل إضافي للأفراد والمزارعين من إنتاج الطاقة المتجددة:

تقع مصر في المنطقة الأدنى من الدول ذات الدخل المتوسط، ويمثل فقراؤها نسبة تقارب 27,8% عام 2015. وبإمكان التطبيقات صغيرة الحجم للطاقة المتجددة القائمة على الخلايا الكهروضوئية وكذلك توربينات الرياح مختلفة الأحجام أن تلبي احتياجات المنزل من الكهرباء، وما يفيض عن الحاجة يمكن توريده للشبكة، أو خصم قيمة الكهرباء الفائضة التي يتم توريدها للشبكة من قيمة الكهرباء الواردة للمنزل، وهو ما يعني أحد أمرين، إما توفير دخل إضافي من بيع الكهرباء الفائضة إن أتيح بيعها نقداً، أو على الأقل توفير جزء من فاتورة الكهرباء.

1-2-5 حل مشكلة المخلفات الصلبة والسائلة في مصر (استراتيجية للوقود الحيوي في قطاع النقل):

قُدِّرت إمكانات إنتاج الغاز الحيوي في مصر بالنسبة لمعدلات النفايات المرصودة عام 2010 ما بين ربع وثلث إنتاج الغاز الطبيعي. وتساعد هذه النسبة في تغطية العجز المحلي، وإيجاد فائض للتصدير. ويمكن إنتاج الغاز الحيوي في مصر بالاعتماد على مخلفات المحاصيل والمخلفات الحيوانية والآدمية وغيرها، بالإضافة إلى قمامة المنازل. ومن ثم، تقليل آثارها السلبية على البيئة. ومع إمكانات إنتاج الديزل الحيوي من الجاتروفا، لابد من وضع استراتيجية خاصة بالوقود الحيوي لقطاع النقل.

1-2-6 وهناك دوافع أخرى لزيادة الاعتماد على الطاقة المتجددة، ولم تتضمنها رؤية وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة أو وزارة البترول، مثل:

أ- تأمين إمدادات الوقود بالاعتماد على مزيج من المصادر المحلية، وتقليل واردات الطاقة.

ب- توفير الطاقة للمناطق الريفية والنائية غير المتصلة بالشبكة.

ج- تأخر إنشاء محطة الطاقة النووية بالضبعة، حيث بدأ البرنامج النووي المصري منذ خمسينيات القرن الماضى، وتم عمل الدراسات اللازمة وتحديد المواقع المناسبة ولم يبدأ التنفيذ حتى عام 2017.

2- تحديات زيادة الاعتماد على الطاقة المتجددة في مصر:

هناك تحديات مرتبطة ببدائل الطاقة المتجددة مثل انخفاض أسعار الوقود الأحفوري، والاكتشافات الجديدة، وأثر البرنامج النووي المصري. والتحديات الأخرى تخص الطاقة المتجددة نفسها مثل تكاليف الطاقة المتجددة ووضع السياسات وتوفير التمويل. وهذه التحديات الثلاثة سيجري مناقشتها بالتفصيل في الفصل القادم تحت مسمى الأبعاد الاقتصادية للطاقة المتجددة.

2-1 انخفاض أسعار النفط والغاز:

استمر الاعتماد على الوقود الأحفوري لفترات زمنية طويلة، ومر بمراحل مختلفة حتى تأقلمت عليه كل الأنشطة الاقتصادية بعدما ثبتت جدواه اقتصادياً وفنياً. ومن الصعب على أي بديل آخر مهما كثرت مميزاته أن يحل محل الوقود الأحفوري دفعة واحدة، ودون أن يمر بمراحل هو الآخر - خاصةً إذا كانت أسعار الوقود الأحفوري منخفضة. ويؤكد ذلك أن بدائل الوقود الأحفوري لم يتم التفكير فيها بجدية قبل أزمة ارتفاع أسعار النفط والغاز في عامي 1974، 1979. حينها سمحت التكلفة المرتفعة لأسعار النفط بتجربة بدائل أخرى مثل الوقود الحيوي والطاقة الشمسية وطاقة الرياح. ويؤكد ذلك وجود علاقة طردية ما بين ارتفاع أسعار الوقود الأحفوري وما بين التحول نحو الطاقة المتجددة.

ولكن بدأت هذه العلاقة في التفكك مؤخراً، عندما استمر نمو القدرات المركبة للطاقة المتجددة عالمياً رغم انخفاض أسعار الوقود الأحفوري بشدة بعد الأزمة المالية العالمية، وبداية من عام 2014 كما ظهر في الجدول رقم (2 -1). بيد أن هذا التفكك حدث في عدد قليل من الدول مثل ألمانيا والولايات المتحدة والصين وغيرها. ولذلك لم تتأثر استخدامات الطاقة المتجددة في هذه الدول بانخفاض أسعار النفط بشكل كبير.

وإذا انخفضت أسعار الوقود الأحفوري بشكل أكبر، سيرتب ذلك آثاراً متباينة على الاقتصاد المصري ككل، وعلى استخدام الطاقة المتجددة. وإن كانت هذه الآثار غير متوقعة في الأجل القصير نظراً لانخفاض درجة انتقال التغير من الأسعار العالمية إلى الأسعار المحلية، بسبب دعم قطاع الطاقة في مصر. ومن أبرز هذه الآثار (معهد التخطيط القومي، 2016: 133-134):

أ- توفير إمدادات كافية من الطاقة بأسعار مناسبة للقطاعات الاقتصادية المختلفة، مما يسهم في زيادة معدلات نموها، والنمو الاقتصادي بشكل عام.

ب- تفادي الانقطاع المتكرر للكهرباء، مما يساعد في تعزيز الاستقرار الاجتماعي والسياسي.

ج- تخفيف أعباء دعم الطاقة. ويتوقف حجم الاستفادة من هذا التخفيف على طريقة التصرف في وفورات الدعم. وسيجري تحويل هذا الوفر على الأرجح لتحسين جودة مرافق البنية التحتية، وليس لتأمين بدائل أخرى للوقود الأحفوري.

وسيؤدي انخفاض الأسعار عالمياً إلى بعض الآثار السلبية مثل تراجع حصيلة الصادرات المصرية البترولية، وتراجع تحويلات العاملين المصريين في الدول النفطية، وانخفاض استثمارات الطاقة المتجددة. حيث أن العلاقة بين الطاقة المتجددة وبين ارتفاع أسعار النفط ما تزال طردية لارتفاع تكلفة الطاقة المتجددة، إضافةً إلى عدم وجود نية لتحويل وفورات الدعم نحو الطاقة المتجددة. ومن ثم يتوقع أن يكون استمرار الانخفاض في أسعار الوقود الأحفوري بمثابة تحد كبير للحكومة المصرية، وعليها المفاضلة بين اختيار مكاسب طويلة الأجل بدعم الطاقة المتجددة، أو الاكتفاء بالمكاسب قصيرة الأجل والمتمثلة في وفورات الدعم وتخفيف العبء المالي على الموازنة العامة للدولة. ويُحبّذ البعض ادخار هذه المكاسب الاستثنائية من انخفاض أسعار النفط لتعزيز الاحتياطيات الدولية كإجراء وقائي ضد أية صدمات قادمة، وتخفيض الدين العام (معهد التخطيط القومي، 2016: 134).

2-2 أثر الاكتشافات الجديدة من النفط والغاز الطبيعي:

بلغ عدد اكتشافات الوقود الأحفوري في مصر عام 2016/2015 نحو 41 اكتشافاً بمناطق مختلفة في الصحراء الغربية وسيناء والبحر المتوسط وغيرها. ورغم تأثير هذا الأمر على نمو استخدامات الطاقة المتجددة إلا أن ما يهم هو حجم الاحتياطي المتوفر بهذه المواقع الجديدة وليس عدد الاكتشافات. ومن هذا المنطلق، يعتبر حقل الغاز الطبيعي في المياه العميقة بالبحر المتوسط في منطقة امتياز شروق أهم هذه الاكتشافات، لأنه يعادل بمفرده 67% مما تنتجه مصر حالياً من الغاز. ويحوي احتياطيات تقدر بحوالي 30 تريليون قدم مكعب. وسيكون له تأثير كبير على مزيج الطاقة الأولية في مصر خلال السنوات القادمة.

ويعد إنتاج الكهرباء بنظام الدورة المركبةهو الأسلوب الأعلى كفاءة بين البدائل الأحفورية. ويؤدي توافر كميات أكثر من الغاز الطبيعي إلى التوسع في هذه المحطات[8]. وربما كانت هذه الاكتشافات وراء إنشاء المحطات الحرارية الجديدة بمناطق (البرلس، وبنى سويف، والعاصمة الإدارية الجديدة)، وهي التي تعمل بنظام الدورة المركبة. وهناك محطات أخرى بخارية يتم إنشاؤها في جنوب حلوان وأسيوط وغرب القاهرة. ويتضح من الجدول التالي انخفاض حجم القدرات الجديدة من طاقة الرياح مقارنة بالطاقة الأحفورية في ضوء توقعات وفرة الغاز الطبيعي.

جدول رقم (3 -10) مشروعات قطاع الكهرباء المصري لعام 2016/2015

المشروع	نوع المحطة	القدرات بـ (ميجاوات)
محطة توليد كهرباء السويس	بخارية	650
استكمال مشروع محطة توليد كهرباء جنوب حلوان	بخارية	1950
استكمال مشروع محطة توليد كهرباء أسيوط	بخارية	650
استكمال مشروع محطة توليد كهرباء غرب القاهرة	بخارية	650
زيادة قدرة مشروع محطة جبل الزيت	رياح	40
استكمال مشروع محطة جبل الزيت 2	رياح	200
استكمال مشروع محطة جبل الزيت 3	رياح	120

المصدر: وزارة التخطيط والمتابعة والإصلاح الإداري، 2016: 63 -64.

2-3 وجود بدائل أخرى مطروحة بقوة مثل الطاقة النووية:

تعتبر إمكانات الطاقة النووية في مصر مجدية اقتصادياً، وسيكون استخدامها حاسماً بشكل كبير في مزيج الطاقة في مصر. وتستخدم الطاقة النووية في إنتاج الكهرباء بشكل أساسي. أما النقل والاحتياجات الأخرى فيناسبها الوقود الأحفوري والحيوي. وبالتالي، تتحدد جدوى الخيار النووي بالطلب على الكهرباء. ويعاني قطاع الكهرباء منذ عدة سنوات من نقص إمدادات الغاز الطبيعي، مما دفعه لاستخدام بدائل أقل كفاءة مثل المازوت والسولار لمواجهة الطلب المتزايد على الكهرباء.

وقد تم إنشاء هيئة محطات الطاقة النووية في مصر عام 1976، بغرض البدء في المشروع النووي المصري. وتم اختيار موقع " الضبعة " على ساحل البحر المتوسط عام 1981 ليكون نواة وبداية لهذا

[8] يقصد بنظام الدورة المركبة: أن يتم تجميع الحرارة الناتجة عن عملية احتراق الغاز الطبيعي واستخدامها لتسخين المياه، بحيث تستمد الوحدة البخارية الإضافية حرارتها من الوحدة الغازية. ويؤدي ذلك إلى رفع كفاءة التوليد والاستفادة من الطاقة الحرارية المهدرة.

المشروع. بيد أن حدوث كارثة تشيرنوبل عام 1986 أطاح بالفكرة، رغم انتهاء الدراسات اللازمة (selim, 2009: 3). وأعيد طرح الخيار النووي مؤخراً، ولكن لم يتم البدء في تنفيذه بعد حتى عام 2017.

وتقدر التكلفة الرأسمالية لإنشاء محطة نووية في مصر (قدرة 1000 م.و) بـ 2,7 مليار دولار تقريباً. وتمثل نسبة المكون الأجنبي فيها أكثر من 70%. ولا يتضمن هذا المبلغ تكلفة التشغيل أو استيراد الوقود النووي، ولا تكلفة نقل وتوزيع الكهرباء. أما تكلفة الحصول على الوقود النووي فليست ثابتة، وذلك لعدم وجود احتياطيات مصرية من اليورانيوم أو البلوتنيوم، وبالتالي سيتم استيراده عند الحاجة أياً كان سعره. وأما تكلفة النقل والتوزيع فلن تكون منخفضة، نظراً لموقع الضبعة البعيد عن المناطق ذات الاستهلاك الكثيف من الطاقة. وهناك التكاليف المرتبطة بالتخلص من النفايات نظراً لمخاطرها الشديدة على البيئة والمجتمع. ورغم ذلك، تجد الحكومة نفسها مضطرة لاستخدام الطاقة النووية لمواجهة الطلب المتزايد على الكهرباء في الأجل القصير والمتوسط، نظراً لصعوبة إحلال الطاقة المتجددة محل الوقود الأحفوري بالسرعة الطافية لتلبية الطلب الحالي. وفي كل الأحوال، سيؤثر ذلك بالسلب على التوسع في الطاقة المتجددة إن لم يتم استخدام السياسات المناسبة وتشجيع القطاع الخاص على المشاركة في إنتاج الطاقة المتجددة (عبدالله، 2010: 45).

2-4 وهناك تحديات أخرى تأتي في مرتبة ثانية من حيث الأهمية منها:

أ- نشر الوعي بأهمية الطاقة المتجددة وتأهيل المجتمع لاستقبالها ودعمها.

ب- مواجهة المعارضة المتوقعة من أنصار الطاقة الأحفورية.

ج- وضع استراتيجية متكاملة وواضحة المعالم لمستقبل الطاقة في مصر والطاقة المتجددة بشكل خاص، حيث لم تعد مصر تمتلك رفاهية الاختيار. فإما الاستمرار على الوضع الحالي حتى تصبح مستورداً صافياً للنفط، ومكبلة بمديونية كبيرة للشركاء الأجانب. وإما تكثيف الاستثمار في الطاقة المتجددة متضمنة الطاقة الكهرومائية باستخدام وفورات الدعم لكي تغطي 20% من إنتاج الكهرباء عام 2022. ومع الوقت قد تصبح مصر مضطرة إلى توفير مبالغ مالية كبيرة جداً للاستثمار في الطاقة المتجددة وتنفيذ البرنامج النووي معاً (عبدالله، 2010: 37).

الفصل الرابع

الأبعاد الاقتصادية لاستخدام الطاقة المتجددة في مصر

المبحث الأول: تكاليف استخدام الطاقة المتجددة

المبحث الثانى: سياسات استخدام الطاقة المتجددة

المبحث الثالث: تمويل استثمارات الطاقة المتجددة

المبحث الرابع: الآثار الإقتصادية لاستخدام الطاقة المتجددة

مقدمة:

بدأت مصر في إنشاء محطة الزعفرانة ذات 445 م.و عام 2001 ولم تكتمل قدراتها إلا عام 2014، والسبب الأساسي تطبيق سياسة المناقصات التى سبق ذكر مزاياها وعيوبها. وتتميز مصر بانخفاض التكلفة المقارنة لإنتاج الكهرباء من طاقة الرياح، ولذلك تركز عليها الحكومة بشكل كبير. وقد أصدرت الحكومة المصرية تعريفة التغذية على مرحلتين عامي 2014 و 2016 لكنها لم تفطن إلى صعوبة الوصول إلى التمويل لمشروعات الطاقة المتجددة فوضعت شرط التحكيم المحلي، والذي ترتب عليه رفض المؤسسات الدولية تمويل المشروعات. وبعدما تخلت غالبية الشركات الأجنبية عن الاستثمار في مصر وافقت الحكومة على التحكيم الدولي. ولتمويل المشروعات اعتمدت الحكومة المصرية على التمويل الخارجي بالكامل نظراً لعدم توافر النقد الأجنبي والخبرة الفنية فضلاً عن ارتفاع نسبة المكون الأجنبي، أما المشروعات القائمة فجميعها مملوك للدولة ولا يشارك القطاع الخاص فيها.

وتستهدف مصر في استراتيجيتها التي وضعت عام 2008 الوصول بالقدرات المركبة للطاقة المتجددة إلى نسبة 20% من إجمالي القدرات عام 2022. ولكن خلال الفترة من عام 2008 وحتى عام 2015 تم استكمال قدرات محطة الزعفرانة لتصل إلى 445 م.و وإنشاء محطة الكريمات بمكون شمسي 20 م.و، ومحطة خليج الزيت (1) بقدرات 200 م.و. وإذا أضفنا القدرات الكهرومائية يصبح مجموع القدرات المركبة للطاقة المتجددة في مصر تقريباً 3500 م.و، ونسبتها إلى إجمالي القدرات الحالية تقارب 10%. ونسبة القدرات الكهرومائية بمفردها تصل إلى 8%.

المبحث الأول
تكاليف استخدام الطاقة المتجددة

تعتبر تكلفة الطاقة المتجددة أولى التحديات التي تواجه التحول نحو الطاقة المتجددة في مصر. وبما أن استخدامات الطاقة المتجددة في مصر تقتصر على إنتاج الكهرباء وإنارة الطرق وبعض تكنولوجيات التسخين الشمسي للمياه، فإن دراسة التكلفة سوف تنحصر في تحليل تكلفة إنتاج الكهرباء من الطاقة المتجددة (LCOE)، مع مقارنة هذه التكلفة بالتقنيات التقليدية. بالإضافة إلى تكلفة التسخين الشمسي، والتكلفة الإضافية المرتبطة بتعريفة التغذية.

1- التكلفة المقارنة لإنتاج الكهرباء من الطاقة المتجددة (LCOE):

يعتمد إنتاج الكهرباء في مصر على المحطات الحرارية بنسبة 91%. ويمكن تصنيف هذه المحطات حسب التكنولوجيا المستخدمة أكثر من تصنيفها حسب نوع الوقود المستخدم. فجميعها تقريباً تقوم بخلط الغاز الطبيعي مع الزيت الثقيل حسب درجة توافرهما في السوق. وتقوم مصر حالياً بتشييد ثلاث محطات غازية بدورة مركبة بقدرة 4,8 ج.و لكل منها. وهذه المحطات تعتمد على الغاز الطبيعي بنسبة أكبر. أما محطات الطاقة المتجددة فتمثل 9% تقريباً من إجمالي الكهرباء المنتجة. يأتي 88% منها بواسطة الطاقة الكهرومائية. والباقي من طاقة الرياح والطاقة الشمسية بنوعيها. وبناءً عليه، فإن إنتاج الكهرباء في مصر يتم من خلال خمس تقنيات هي الطاقة الكهروضوئية، والطاقة الشمسية المركزة، وطاقة الرياح البرية، ومحطات الديزل، ومحطات الدورة المركبة.

ومن خلال تحليل التكلفة المُقارنة لهذه التقنيات، يلاحظ أن طاقة الرياح في الظروف الجيدة تكون تكلفتها أقل من الديزل والغاز الطبيعي، بافتراض أن أسعار الديزل والغاز ستظل ثابتة. ولا تزال الطاقة الكهروضوئية والطاقة الشمسية المركزة خارج المنافسة مع الوقود الأحفوري. حيث أن التكلفة المقارنة للطاقة الكهروضوئية تتراوح ما بين (0,079 -0,181) دولار/ ك.و.س ، وفقاً لنوع المحطة (أرضية أم على الأسطح)، وتتراوح تكلفة الطاقة الشمسية المركزة بين (0,125 -0,218) دولار/ ك.و.س.

جدول رقم (4- 1)
مقارنة تكلفة إنتاج الكهرباء باستخدام تقنيات الطاقة المتجددة والوقود الأحفوري في مصر عام 2016

الوقود المستخدم في إنتاج الكهرباء/ تقنية الإنتاج	تكلفة LCOE
الطاقة الكهروضوئية	0,181 – 0,079
الطاقة الشمسية المركزة	0,218 – 0,125
طاقة الرياح	0,102 – 0,045
الديزل	0,094 – 0,072
الدورة المركبة	0,115 – 0,076

المصدر: حسين وآخرون، 2016: 5-6.

وكما في الجدول السابق، تتراوح التكلفة المقارنة باستخدام الديزل ما بين (0,072-0,094) دولار/ ك.و.س. وهي أقل من محطات الدورة المركبة التي تعمل بالغاز الطبيعي، رغم أن الغاز أعلى كفاءة وأقل تلويثاً للبيئة. ويرجع ذلك إلى توافر الديزل وانخفاض أسعاره من ناحية، ومن ناحية أخرى تناقص معدلات إنتاج الغاز في السنوات الأخيرة.

وبناءً عليه، فإن التكلفة المقارنة لطاقة الرياح في المتوسط تقل عن تكلفة استخدام الديزل والغاز. ويدل ذلك على توافر المواقع المناسبة لإنتاج طاقة الرياح، وانخفاض أسعار التكنولوجيا. وتقدر إمكانات طاقة الرياح في مناطق غرب خليج السويس وشرق وغرب النيل في صعيد مصر بـ 39000 م.و (بما يعادل 110% من القدرات المركبة الإجمالية لعام 2015/2014) بشرط توافر التمويل المناسب والكافي لهذه المشروعات. وكلما زادت جودة المواقع انخفضت تكلفة إنتاج الكهرباء. ومع هذا، لا ينبغي النظر إلى التقنيات الأقل تكلفة نظرة قصيرة الأجل، لأن التركيز عليها دون التقنيات الأخرى سيؤدي لاستبدال الوقود الأحفوري بمصدر آخر وحيد هو طاقة الرياح. بينما المطلوب وجود توليفة من تقنيات الطاقة المتجددة بهدف الوصول إلى تنوع مستدام وطويل الأجل لمزيج الطاقة (Jochen et al, 2016: 7).

وعند مقارنة التكلفة المقارنة للطاقة المتجددة في مصر بمثيلاتها عالمياً عام 2016، يلاحظ أن مصر تتمتع بميزة أكبر في إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية المركزة. وترجع إلى شدة الإشعاع الشمسي الذي يتراوح بين (2000-3200) كيلووات/ساعة/م٢/ سنوياً. وهي بين أعلى المعدلات في العالم، ولكن لا تتعدى القدرات المصرية المركبة لاستخدام هذه التقنية 20 م.و.

جدول رقم (4 -2)

التكلفة المقارنة لإنتاج الكهرباء من الطاقة المتجددة في مصر وعلى المستوى العالمي عام 2016

(دولار/ كيلوات ساعة)

التقنية	مصر	عالمياً
الطاقة الكهروضوئية	0,181 – 0,079	0,279 – 0,053
الطاقة الشمسية المركزة	0,218 – 0,125	0,312 – 0,182
طاقة الرياح البرية	0,102 – 0,045	0,141 – 0,024

Source: www.Irena.org

وبشكل عام، تعتبر تكلفة إنتاج الكهرباء من الطاقة المتجددة في مصر مرتفعة إلى حد ما بالنسبة إلى الإمكانات التي تتمتع بها ويرجع ذلك إلى عدة أسباب منها:

- ارتفاع تكلفة الحصول على التمويل، وعدم توفر الشروط الملائمة للاستثمار في الطاقة المتجددة مثل القروض منخفضة الفائدة.
- تعتبر مصر من الأسواق الناشئة في مجال الطاقة المتجددة. وترتفع تكلفة الاستثمار في هذه المرحلة بسبب استيراد أغلب المكونات من الخارج، وصعوبة توفر الخبرات البشرية. وتتفاوت تكلفة الاستثمار بين التقنيات المختلفة تفاوتاً كبيراً. فتبلغ تكلفة إنشاء محطة طاقة شمسية جديدة على سبيل المثال ضعف

تكلفة إنشاء محطة رياح بنفس القدرات. وتحتاج المحطة الشمسية إلى قدرات حرارية مكملة لتوفير الطاقة طوال الوقت، وإلى مساحات كبيرة من الأرض الممهدة والخالية (معهد التخطيط القومي، 2015: 104-105).

- كلما زاد نضج السوق قلت الشروط التمويلية. وقد أدى توافر الشروط التمويلية المناسبة مع السوق الناضجة في ألمانيا لانخفاض واضح في التكلفة المقارنة للطاقة المتجددة. وبالمقابل، فإن عدم نضج السوق المصري بعد، يجعل تكلفة إنتاج الكهرباء مرهونة بشكل كبير بالشروط التمويلية (حسين وآخرون، 2016: 7).
- توافر الوقود الأحفوري في مصر بأقل من سعره الحقيقي نتيجة لدعم الطاقة، يرفع تكلفة إنتاج الكهرباء من الطاقة المتجددة. وسيؤدي تحرير أسعار الوقود مؤخراً إلى انخفاض تكلفة استخدام الطاقة المتجددة مقارنة بالبديل الأحفوري، ولكن إلغاء الدعم كما سبق القول دون تقديم المساندة المباشرة للطاقة المتجددة لن يعطى أثراً كبيراً على نمو الطاقة المتجددة.

2- تكلفة التسخين الشمسي في مصر:

تزداد الحاجة إلى تسخين المياه في القطاع السكني والتجاري. ويتم ذلك وفقاً لأنظمة تقليدية تتمثل في سخانات الغاز أو سخانات الكهرباء. ويتم الاختيار بينها على أساس التفضيل والراحة، نظراً لفارق التكلفة البسيط. وهناك بديل ثالث هو السخان الشمسي، ولكن ارتفاع أسعاره مقارنة بالبدائل التقليدية يقلل الطلب عليه. ويكون المستهلك على استعداد للتحول إلى نظام التسخين الشمسي إذا اقتنع أن تكلفته أقل من النظم التقليدية. وتقتصر نظرة المستهلك المصري غالباً على عنصر الثمن فقط دون اعتبار للمزايا الأخرى. ويرجع ذلك إلى عدد من الأسباب أبرزها، انخفاض مستوى المعيشة في مصر بشكل عام، وانخفاض الوعي بأهمية وجدوى التحول نحو الطاقة المتجددة. كذلك لا يوجد تسويق كاف لتقنيات التسخين الشمسي، إضافةً إلى انخفاض أسعار الغاز والكهرباء.

وإلى أن تتغير هذه الظروف ليس منطقياً أن يستطيع التسخين الشمسي منافسة الأنظمة التقليدية في مصر. وقد بدأت الحكومة المصرية برفع تدريجي لأسعار الوقود والكهرباء بدءاً من عام 2014. ويُتوقع زيادات أخرى قريباً في إطار خطة تحرير أسعار الوقود والكهرباء. وإذا اقترنت هذه المرحلة بدعم مالي تقدمه الحكومة لتقنيات التسخين الشمسي، ورفع مستوى الوعي لدى المواطنين بأهميتها ربما يساعد ذلك في نشر هذه التقنيات. وبالعودة إلى الأنظمة الثلاثة، ومن خلال عقد مقارنة بسيطة بينها نجد أن كفاءة السخان الشمسي تصل إلى 40%، مقابل 25% للسخان الكهربائى. ويصل متوسط عمر السخان الشمسي إلى 15 سنة، مقابل 7 سنوات للكهربائي، و10 سنوات للغاز. وهذا يعني أنه في فترة الـ 15 سنة (عمر السخان الشمسي) سيتم استخدام أكثر من 2 سخان كهربائى، وحوالي 1,5 سخان غاز. ويعتبر السخان الشمسي أكثرها أماناً، ولم يسجل عنه أية حوادث مثل الغاز والكهرباء. بيد أنه ينبغي معالجة النظرة القاصرة على التكلفة الأولية (سعر الشراء)، بحيث تتسع لتشمل تكلفة الوقود المستخدم (غاز أو كهرباء) طوال عمر السخان، خاصة بعد الزيادة الأخيرة في أسعار الوقود. وهذه ميزة كبرى تصب في مصلحة السخان الشمسي، غير مزايا أخرى مثل تخفيف الأضرار البيئية والتي تعد أحد أهداف التنمية المستدامة في مصر (مركز تحديث الصناعة، 2006: 73-74).

ولا يزال السخان الشمسي بحاجة إلى الدعم المالي من الحكومة رغم هذه المزايا نظراً لأسعاره المرتفعة حتى تنضج السوق الخاصة به. وبسبب هذا الدعم، استطاعت الصين تركيب 376,6 مليون م٢ بحلول عام 2014، مقابل 750,000 م٢ فقط في مصر. ولا يرجع ذلك لاتساع حجم السوق الصينية فقط، لأن نسبة سكان الصين عالمياً لا تتعدى 20% ، ومع ذلك تستحوذ على 70% من القدرات المركبة عالمياً للتسخين الشمسي. ويقل متوسط دخل الفرد في الصين عن مثيله في دول كثيرة مثل الولايات المتحدة وألمانيا. ويرجع السبب الحقيقي وراء انتشار السخانات الشمسية في الصين إلى الدعم الحكومي لهذه الصناعة بدءاً من البحث المستمر والتطوير بغرض خفض التكلفة للتصدير، بالإضافة إلى تقديم إعانات مباشرة للأفراد لشراء السخان. وتمثل الإعانة نسبة مئوية من سعر السخان (Urban et al, 2016: 538-539). وبناءً عليه، يمكن للحكومة المصرية استغلال بعض وفورات تحرير الدعم في تقديم مساندات مالية للأفراد بنسب معينة لتركيب سخانات شمسية، وكذلك المنشآت الخاصة مثل الفنادق والمطاعم.

3- التكاليف الإضافية المرتبطة بتعريفة التغذية:

وهي الزيادة المضافة لتعريفة تغذية الطاقة المتجددة لإبقائها عند مستوى مرتفع عن سعر الطاقة التقليدية، بما يحفز استثماراتها. وتلتزم شركات النقل والتوزيع في مصر وفقاً لتعريفة التغذية بشراء كل الكهرباء المنتجة من الطاقة الشمسية والرياح. وهذا يعني أن الدولة لن تتحمل دعم الطاقة الكهربائية المنتجة من مصادر متجددة (التكلفة الإضافية)، ولكن ستقوم شركات الكهرباء بتحميلها للمستهلكين من خلال رفع أسعار الكهرباء ككل (جهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك، 2014: 3).

ويلاحظ أنه في الحالة الصينية، تحملت المشروعات الصناعية والتجارية قيمة التكاليف الإضافية حسب استهلاكها، بينما تحملها كل المستهلكين النهائيين في ألمانيا. ولا يوجد في منظومة تعريفة التغذية في مصر ما يوضح من سيتحمل هذه التكاليف، وإن كان الإتجاه نحو تحميلها لكل المستهلكين في شكل رفع تدريجي متناسب للفئات والأنشطة المختلفة.

المبحث الثاني
سياسات استخدام الطاقة المتجددة

تنحصر سياسات الطاقة المتجددة داخل مصر في إطار تشجيع إنتاج الكهرباء ونشر تقنيات التسخين الشمسي، وهو الأمر الذي يوضح حجم الطلب على الكهرباء.

1- سياسات إنتاج الكهرباء من الطاقة المتجددة:

وضعت الحكومة المصرية عام 2008 استراتيجية تقضى بزيادة نسبة القدرات المركبة للطاقة المتجددة في إجمالي القدرات إلى 20% بحلول عام 2020 (12% قدرات كهرومائية، 8% قدرات شمسية ومحطات رياح). وفي عام 2012 تم تعديلها لتستهدف الوصول إلى نفس النسبة من القدرات لكن بحلول عام 2022، نظراً للمستجدات والتطورات السياسية التي شهدتها مصر بمناسبة ثورة يناير 2011. ويعتبر تعديل اسم وزارة الكهرباء والطاقة ليصبح وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة والإعلان عن استراتيجية محددة للطاقة المتجددة خطوات هامة على خارطة التحول، وعناصر جاذبة للاستثمارات ولكنها غير كافية. ولابد أن تُثبت وتعلن الحكومة التزامها بزيادة حصة الطاقة المتجددة في كل مناسبة ومع كل قرار هام يتعلق بقطاع الطاقة. ومثال ذلك، قرارات التخفيض التدريجي لدعم الطاقة.

وفي هذا الصدد يؤخذ على الحكومة المصرية أمران: الأول، عدم استثمار الحالة المجتمعية المضطربة بشأن التخفيض التدريجى لدعم الطاقة في الترويج للطاقة المتجددة، وعرض مزاياها البيئية والاجتماعية مقابل مخاطر الوقود الأحفوري. ولم يتم الإشارة إلى استخدام بعض وفورات دعم الطاقة في تصميم برنامج متكامل لتنمية قطاع الطاقة المتجددة باعتباره بديل جيد ونظيف للطاقة الأحفورية. والأمر الثانى، أنه رغم وضع استراتيجية طموحة للطاقة المتجددة، وافقت الحكومة على تنفيذ 3 محطات بنظام الدورة المركبة لتضيف 14400 م.و "قدرات حرارية" إلى قدرات إنتاج الكهرباء عام 2018. وتمثل نسبتها حوالي نصف القدرات الإجمالية القائمة. بينما القدرات التي أضيفت فعلياً للطاقة المتجددة في عامين كاملين (أعوام 2015 و 2016) لا تتعدى 200 م.و من طاقة الرياح[1]. ويعطى استمرار الحكومة في تركيب قدرات حرارية بكثافة انطباعاً بعدم التزامها بتحقيق أهداف الطاقة المتجددة. وهو ما يؤثر بشكل أو بآخر على نمو القطاع.

وبافتراض أنه تم الاكتفاء بإضافة 14400 م.و إلى القدرات الحرارية عام 2018 كما هو مخطط، وعدم إضافة قدرات حرارية أخرى حتى عام 2022 - وهو أمر غير واقعي - يصبح إجمالي القدرات الحرارية حوالي 46133 م.و (14400 + 31733 م.و قدرات حرارية عام 2015/2014). وهذه القدرات يجب أن تمثل نسبة الـ 80% وفق استراتيجية الطاقة المتجددة لمصر. والـ 20% الباقية تكون حصة الطاقة المتجددة. في هذه الحالة ينبغي زيادة قدرات الطاقة المتجددة إلى 11533 م.و لتصبح نسبتها 20%. وللوصول إلى 11533 م.و ينبغي تركيب قدرات إضافية تصل إلى 8163 م.و تقريباً خلال السنوات القليلة القادمة حتى عام 2022، حيث أن القدرات الحالية - قدرات عام 2015/2014 - للطاقة المتجددة لا تتجاوز 3370 م.و (2800 قدرات كهرومائية + 20 قدرات شمسية + 550 قدرات طاقة الرياح).

[1] www.Irena.org

والقدرات الجديدة (8163 م.و) يجب أن تتكون من (4120 م.و طاقة كهرومائية + 4043 م.و من طاقة الرياح والطاقة الشمسية). وبإضافة هذه القدرات لما هو قائم يصبح نصيب الطاقة المتجددة ككل 20%، بواقع 12% منها للطاقة الكهرومائية والباقي لطاقتي الشمس والرياح. وقد بلغت تكلفة إنشاء محطة رياح قدرتها 200 م.و حوالي 340 مليون يورو. وبافتراض ثبات هذه التكلفة حتى عام 2022، فإن كل ميجاوات مركبة تحتاج إلى 1,7 مليون يورو تقريباً. ويعادل ذلك في عام 2017 حوالي 34 مليون جنيه مصري (سعر صرف اليورو في المتوسط 20 جنيه)[2]. أي أن تكلفة تركيب 4043 م.و كاملة من طاقة الرياح تقترب من 137,5 مليار جنيه. وعليه، فإن الزيادة المستهدفة ستشكل تحدياً مالياً كبيراً أمام قطاع الطاقة المصري. وفي كل الأحوال، يحتاج تحقيق هذا الهدف إلى مجموعة متنوعة ومتكاملة من السياسات الفعالة (معهد التخطيط القومي، 2015: 98).

1-1 السياسات الداعمة لزيادة قدرات الطاقة المتجددة:

استخدمت الحكومة المصرية عدداً من السياسات المتفرقة لزيادة قدرات الطاقة المتجددة في إنتاج الكهرباء، من بينها:

1-1-1 سياسة شهادات المصدر:

وهي شهادة إلكترونية يصدرها جهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك مقابل كل واحد ميجاوات ساعة تم إنتاجها من إحدى مصادر الطاقة المتجددة. ويصل عمر الشهادة إلى عام واحد، ويمكن تداولها باستخدام نظام إلكتروني خاص. وترتبط هذه الشهادات غالباً بنظام الحصص الملزمة، حتى يمكن خلق سوق واسعة لها. ويستطيع من لم يستوف حصته في إنتاج الطاقة المتجددة أن يشتري شهادات ممن استطاع تحقيق فائض في إنتاج الطاقة المتجددة. وقد ذُكرت الحصص الملزمة ضمن سياسات هيئة الطاقة المتجددة في مصر، لكن لم تتضمن إجراءات واضحة أو تفاصيل عن آليات التطبيق وعلى من ستطبق[3].

1-1-2 سياسة صافي القياس:

وتهدف لتشجيع إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية للقدرات حتى 500 كيلووات. وتقوم شركة توزيع الكهرباء المختصة بتركيب العداد اللازم لدى المشترك، وتتم المحاسبة الشهرية على أساس صافي الطاقة المشتراة (Net Metering). وإذا زادت الطاقة الموردة من المشترك خلال شهر ما، يتم تسوية الزيادة مع كمية الاستهلاك من الشهر التالي. وإذا تكرر حدوث فائض يضاف الفائض لرصيد المشترك في الشهور التالية. وعند وجود فائض في نهاية العام بعد إجراء تسوية الشهر الأخير، تقوم شركة التوزيع بشراء هذا الفائض بسعر يعادل متوسط تكلفة الطاقة الكهربائية المنتجة طبقاً لآخر تقرير لتكلفة الخدمة الذي يصدر عن جهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك وهو يعادل (68,9 قرش/ ك.و.س لعام 2017/2016)، في حين أن تعريفة التغذية للقدرات حتى 500 ك.و تتراوح ما بين 84,8 و 97,3 قرش/ ك.و.س. ويتم تحديث السعر بشكل سنوي (جهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك، 2017: 1).

[2] http://www.cbe.org.eg/ar/ البنك المركزي المصري

[3] http://egyptera.org/ar/Guar_orig.aspx جهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك

1-1-3 اعتمدت الحكومة المصرية في تنمية إنتاج الكهرباء من الطاقة المتجددة على مرحلتين. وتتضمن المرحلة الأولى مناقصات لتشجيع القطاع الخاص وتوقيع اتفاقيات شراء للطاقة مع العروض الفائزة. وفي المرحلة الثانية سيتم الاعتماد على تعريفة التغذية لإنتاج الكهرباء من طاقتي الشمس والرياح مع الأخذ بعين الاعتبار التكاليف والأسعار التي تحققت من خلال مناقصات المرحلة الأولى (saidur et al, 2010: 12).

المرحلة الأولى: **سياسة المناقصات التنافسية**

وتستخدم هذه السياسة في إقامة مشروعات لإنتاج الكهرباء من طاقتي الشمس والرياح لصالح الحكومة أو للقطاع الخاص.

أولاً: طاقة الرياح

- بالنسبة للمشروعات الحكومية، يتم طرح مناقصات لتصميم وتوريد وتنفيذ المشروع لصالح هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة. وتهدف إلى زيادة قدرات طاقة الرياح المملوكة للحكومة من 550 م.و عام 2015/2014 إلى 1890 م.و بنهاية عام 2019/2018.
- بالنسبة للقطاع الخاص، يتم طرح مناقصات لإنتاج الطاقة المتجددة بنظام الـ BOO. ويُذكر أنه تم طرح مناقصة لإنشاء مزرعة رياح بخليج السويس بقدرة 250 م.و في إبريل من عام 2013، ولم يتم الانتهاء من المشروع بعد (هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، 2015: 23).

ثانيا: الطاقة الشمسية

- يجري الإعداد لطرح مناقصات لتثبيت قدرات تصل إلى 200 م.و بنظام الـ BOO، وهي مناقصة تهدف إلى جذب القطاع الخاص. أما بخصوص المشروعات الحكومية، فيتم طرح مناقصات لتثبيت 80 م.و لصالح هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة (هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، 2015: 37).

المرحلة الثانية: **سياسة تعريفة التغذية**

تم إقرار تعريفة التغذية مؤخراً في عام 2014. وبناءً عليها، تلتزم شركات النقل وشركات التوزيع بشراء الكهرباء المنتجة من طاقتي الشمس والرياح بأسعار مناسبة على أن يتم تحميل فرق الأسعار للمستهلكين، وهو الفرق بين سعر الكهرباء المتجددة والكهرباء المباعة في السوق المحلي، وبالتالي لا تتحمل الدولة قيمة دعم الكهرباء المتجددة. أما قيم التعريفة فهي مفصلة كما يلي:

أولا: الطاقة الشمسية

تحصل مشروعات الطاقة الشمسية على تعريفة ثابتة لمدة 25 عاماً. وتسدد بالعملة المحلية وفق السعر المحدد. أما القدرات التي تزيد على 500 كيلووات، فتسدد التعريفة بالعملة المحلية وفقاً للمعادلة التالية:

قيمة التعريفة بالجنيه المصري = 15% من قيمة التعريفة (تحسب على سعر صرف الدولار عند التعاقد) + 85% من قيمة التعريفة (تحسب على سعر الصرف يوم الاستحقاق).

جدول (4 -3) قيم تعريفة التغذية للكهرباء المنتجة من الطاقة الشمسية في مصر

قدرة المحطة	تعريفة التغذية
منزلي	84,8 قرش / ك.و.س
أقل من 200 ك.و	90,1 قرش / ك.و.س
من 200 إلى 500 ك.و	97,3 قرش / ك.و.س
من 500 ك.و إلى 20 م.و	13,6 سنت دولار/ ك.و.س
من 20 إلى 50 م.و	14,34 سنت دولار/ ك.و.س

المصدر: جهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك، 2014: 3.

ثانياً: طاقة الرياح

تحصل مشروعات طاقة الرياح على تعريفة ثابتة بالجنيه المصري لمدة 20 عاماً، تحسب كالآتي:
قيمة التعريفة بالجنيه المصري = 30% من قيمة التعريفة (تحسب على أساس سعر صرف الدولار وقت التعاقد) + 70% من قيمة التعريفة (تحسب على أساس سعر الصرف يوم الاستحقاق).

جدول (4-4) قيم تعريفة التغذية للكهرباء المنتجة من طاقة الرياح في مصر

عدد ساعات التشغيل	تعريفة التغذية في المرحلة الأولى (5 سنوات) بـ سنت.دولار/ كيلووات ساعة	تعريفة التغذية في المرحلة الثانية (15 سنة) بـ سنت.دولار/ كيلووات ساعة
2500	11,48	11,48
2600		10,56
2700		9,71
2800		8,93
2900		8,19
3000		7,51
3100	9,57	8,93
3200		8,33
3300		7,76
3400		7,23
3500		6,73
3600		6,26
3700		5,81
3800		5,39
3900		4,98
4000		4,60

المصدر: جهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك، 2014: 3.

وفي المرحلة الثانية من تعريفة التغذية، يتم استكمال قدرات المرحلة الأولى. ويتم تغيير معادلات الدفع بالجنيه المصري ليصبح سعر الصرف وقت التعاقد هو 8,88 جنيه لكل دولار.

وعند مقارنة تعريفة التغذية للقطاع المنزلي (84,8 قرش/ ك.و.س) بأسعار الكهرباء بعد الزيادة الأخيرة في يوليو 2017، يتضح أنها أعلى من سعر الكهرباء للغالبية العظمى من المستهلكين (الشرائح التي تستهلك من صفر وحتى 650 ك.و.س)، بينما هي أقل من سعر الكهرباء المباعة للشريحتين الأعلى استهلاكاً (التي يزيد استهلاكها عن 651). وإذا ارتفعت أسعار الكهرباء لهذه الشرائح لتصبح أعلى من تعريفة التغذية، لن تحتاج الحكومة إلى تعريفة التغذية من الأساس إذ سيكون سعر الكهرباء في السوق محفزاً بشكل كاف لمنتج الطاقة المتجددة. وقد بدأت الحكومة بالفعل تحرير أسعار الكهرباء تدريجياً. ويتوقع أن يتجاوز سعر الكهرباء لكل الشرائح قيمة التعريفة قريباً، ولكن يبقى الدعم المالي للقطاع المنزلي عنصراً حاسماً.

جدول رقم (4 -5) أسعار استهلاك الكهرباء وفقاً لشرائح المستهلكين في مصر عام 2017

شريحة الاستهلاك	عدد المستهلكين داخل الشريحة	سعر الكيلووات ساعة
من صفر إلى 50 ك.و.س	4 مليون	13 قرش
من 51 إلى 100 ك.و.س	3,2 مليون	22 قرش
من 101 إلى 200 ك.و.س	9 مليون	27 قرش
من 201 إلى 350 ك.و.س	8,3 مليون	55 قرش
من 351 إلى 650 ك.و.س	3,4 مليون	75 قرش
من 651 إلى 1000 ك.و.س	287 ألف	125 قرش
أكثر من 1000 ك.و.س	--	135 قرش

Source: http://egyptera.org/ar/t3reefa.aspx. الموقع الرسمي لجهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك

ولم يترتب على تعريفة التغذية إضافة قدرات جديدة للطاقة المتجددة حتى عام 2017، باستثناء محطة رياح قدرتها 200 م.و، جاء تنفيذها عن طريق اتفاق ثنائي بين الحكومة المصرية والألمانية وبالاشتراك مع بنك الاستثمار الأوروبي (هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، 2015: 24). ويرجع ذلك لانسحاب عدد كبير من الشركات التي تخطت المرحلة الأولى - رغم اعترافها بأن تعريفة التغذية المصرية مغرية للغاية - اعتراضاً على عدم وجود بند يسمح بالتحكيم الدولي في حالة النزاع. وقد أدى ذلك لعزوف المؤسسات الدولية عن توفير التمويل للمشروعات. أضف إلى هذا كثرة الجهات التي يتعامل معها المستثمر، وعدم الاتفاق مع البنك المركزي على توفير حصيلة شهرية من الدولار لمشروعات الطاقة المتجددة، وغياب الشفافية والوضوح مع المستثمرين، وغيرها من المشكلات المزمنة التي طالما عانت منها السياسة الحكومية المصرية.

ولاحقاً، في عام 2016، أقرت الحكومة باللجوء إلى التحكيم الدولي في حالة النزاع، بعد أن قامت كثير من الشركات بتصفية أعمالها في مصر. وهذه الأمور الشائكة مثل الجهة التي يتعامل معها المستثمر، ووضوح الرؤية والشفافية، ينبغي معالجتها دفعة واحدة وبسرعة كافية لإثبات الرغبة الحقيقية في جذب الاستثمار الأجنبي، وتحقيق انطلاقة قوية لاستخدام الطاقة المتجددة (يونس، 2017: 1).

وبناءً على ما سبق، ولضمان عدم تعطل منظومة تعريفة التغذية مرة أخرى لابد من الاهتمام بالآتي:

أ- يعتبر القطاع المنزلي أكثر القطاعات استهلاكاً للكهرباء في مصر بنسبة تتجاوز 47% عام 2016. يليه قطاع الصناعة بنسبة 24%. وبالتالي، ينبغي تصميم سياسات الطاقة المتجددة لتستهدف هذين القطاعين

بالدرجة الأولى. ورغم ذلك فإن تعريفة التغذية للقطاع المنزلي أقل منها للشرائح الأخرى. ومن المعروف أن إنشاء المحطات الكبيرة يحتاج إلى سنوات، ولا تمتلك مصر رفاهية الوقت لعلاج أزمة نقص الكهرباء. ويرفع كثير من الدول تعريفة القطاع المنزلي عن باقي التعريفات لأنها تمس القطاع الأكبر من المواطنين، ولا تحتاج مشاريع أسطح المباني سوى أيام قليلة لربطها على الشبكة. فلا يوجد تخصيص أراضي أو محولات أو مشاكل بيروقراطية معقدة (جاسر، 2015: 21-22).

ب- زيادة الوعي لدى المواطنين وتطوير الحوار المجتمعي، وهما من التحديات التي تواجه تعريفة التغذية.

ج- تقليل عدد الجهات التي يتعامل معها المستثمر لاستخراج التراخيص أو استخدام ما يعرف بسياسة الشباك الواحد يعد عنصراً هاماً في استمرار تدفق المستثمرين على قطاع الطاقة المتجددة.

د- تعاني مصر من مشكلة نقص النقد الأجنبي. ويُعتقد أن حل هذه المشكلة سيكون أمراً حاسماً في مسيرة الطاقة المتجددة. حيث أن نسبة المكون الأجنبي في مشروعات الطاقة المتجددة مرتفعة، وتتمثل في التكنولوجيا والخبرة الفنية وغيرها. وقد يمثل دفع التعريفة بالجنيه المصري مشكلة أمام الاستثمار الأجنبي في مرحلة ما بعد تمويل وإنشاء المشروع، لأنه لا يضمن الحصول على الدولارات لسداد القروض والفوائد فضلاً عن تحويل جزء من الأرباح. كما وأن المستثمر المحلي يحتاج إلى النقد الأجنبي للوصول إلى التكنولوجيا.

ولم تتعرض الحكومة المصرية في قانون تعريفة التغذية إلى مشروعات الكتلة الحيوية، رغم وجود إمكانات كبيرة لإنتاج الغاز الحيوي من المخلفات الزراعية، وإنتاج الديزل الحيوي من الجاتروفا باستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة. كذلك لم توضع أهداف زمنية لإنتاج الطاقة الحيوية واستخدامها في قطاع النقل، وخلت استراتيجية الطاقة المتجددة لعام 2022 من ذلك. ويُذكر أنه بمجرد إقرار تعريفة التغذية في ألمانيا، ضمن سياسات لدعم الطاقة الكهروضوئية في الفترة من 2000 إلى 2004، لم تفوت الشركات الصينية الفرصة لتوسيع قدراتها التصنيعية وخفض تكاليف الإنتاج اعتماداً على وفورات الحجم. واستفادت من السوق الدولية الناشئة للطاقة الكهروضوئية (Honghang et al, 2014: 223). والآن، تستهدف أوروبا الوصول بالوقود الحيوي إلى نسبة 10% من استهلاك الطاقة في قطاع النقل بحلول عام 2020. وتمتلك مصر إمكانات كبيرة جداً لزراعة الجاتروفا باستخدام مياه الصرف الصحي في الصحارى الواسعة، ومن ثم إنتاج الديزل الحيوي. ومع ذلك لم توضع استراتيجية للإفادة من هذه الفرصة.

هذا، وقد تجاهلت الحكومة المصرية الاستخدامات الحرارية للطاقة المتجددة. ولم تُفرض على المباني الجديدة والمنشآت الصناعية نسب محددة لاستخدام الطاقة المتجددة في إنتاج الحرارة اللازمة لتدفئة المياه والهواء، كما ورد في قانون الاستخدامات الحرارية في ألمانيا. وتجاهلت الحكومة توفير الدعم المالي لتركيب أنظمة التدفئة والتبريد في المنشآت والمباني القائمة، وعلى رأسها المباني الحكومية. ويذكر أن وزارة المالية المصرية أعلنت عن قروض منخفضة الفائدة لذلك، ولكن دون تفعيلها أو توضيح آليات تنفيذها.

المبحث الثالث

تمويل استثمارات الطاقة المتجددة

تمتلك طاقة الرياح في مصر إمكانات كبيرة للمنافسة مع الوقود الأحفوري، لأن التكلفة المقارنة لها أقل من الديزل والغاز الطبيعي، دون ذكر المزايا الاقتصادية والبيئية لطاقة الرياح. وبالتالي، فهي لا تحتاج إلى دعم مالي مثل تقنيات الطاقة الكهروضوئية والطاقة الشمسية المركزة. وبالنظر إلى متوسطات التكلفة المقارنة عالمياً، يظهر أن التكلفة المقارنة للطاقة المتجددة في مصر مرتفعة إلى حدٍ ما كما في الجدول السابق (4 -2). ويرجع ذلك لعدة أسباب منها: ارتفاع تكلفة الحصول على التمويل، وعدم توفر الإطار التنظيمي المناسب لجذب الاستثمار الأجنبي، وفشل نظام تسعير الطاقة، وضعف استقرار البيئة الاقتصادية الكلية. ومن مظاهر ضعف الإطار التنظيمي في مصر، معاناتها من ارتفاع مخاطر سعر الصرف، ونقص العملة الأجنبية. (معهد التخطيط القومي، 2015: 144).

ولهذه الأسباب، لا تعد مصر من الدول الجاذبة للاستثمار في مجال الطاقة المتجددة (محلياً كان أم أجنبياً)، رغم أنها تمتلك إمكانات واعدة لإنتاج الطاقة المتجددة. ولهذا، فإن توافر الإمكانات ليس أهم عنصر في زيادة القدرات المركبة، وإنما هناك عناصر أخرى مثل السياسات والتمويل.

هذا وقد مر تمويل الطاقة المتجددة في مصر بثلاث مراحل هي:

المرحلة الأولى: منذ عام 1993 وحتى عام 2005

وفي هذه المرحلة، تم إنشاء وتشغيل محطة الرياح التجريبية بالغردقة بقدرة 5 م.و، وإنشاء محطات الرياح بالزعفرانة بدءاً من زعفرانة (1) وحتى زعفرانة (4). بمجموع قدرات 140 م.و. وتميزت هذه المرحلة بالاعتماد على التمويل الخارجي بالكامل، بالتعاون مع حكومات ألمانيا والدنمارك، وتحديداً من خلال مزيج من المنح والقروض. وليس هناك مشاركة للتمويل المحلي أو القطاع الخاص، فكل هذه المشروعات مملوكة للدولة بالكامل. وقد تراوحت نسبة المنح ما بين (20%-30%) في محطات الزعفرانة (2)، (3)، (4) وباقي النسبة قروض تجارية. أما زعفرانة (1) فكانت منحة كاملة من حكومة الدنمارك، وكذلك المحطة التجريبية بالغردقة (هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، 2008: 9).

المرحلة الثانية : (2005 – 2012)

استكملت مصر محطات الزعفرانة، من زعفرانة (5) وحتى زعفرانة (8)، بإجمالي قدرات 405 م.و. وفي عام 2011 تم تشغيل محطة الكريمات الشمسية بقدرة 140 م.و منها 20 م.و فقط مكون شمسي (هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، 2011: 25). وتم تمويل محطات الزعفرانة من (5) إلى (8) ضمن آلية التنمية النظيفة في إطار بروتوكول كيوتو. وتمثلت غالبية التمويل في القروض الميسرة من حكومات ألمانيا والدنمارك واليابان، بعد تأهيل هذه المشروعات وتسجيلها ضمن آلية التنمية النظيفة بين عامي (2007-2011). وبذلك يكون التمويل بالكامل من الخارج، والمشروعات بالكامل مملوكة أيضاً للدولة. ويؤخذ على الحكومة المصرية تضييع فرصة الاستفادة من آلية التنمية النظيفة بالشكل المطلوب، وعدم تشجيع القطاع الخاص على الاستفادة منها. فقد استحوذت الصين مثالاً على حوالي 51,6% من مشروعات طاقة الرياح

التابعة لآلية التنمية النظيفة، واستطاعت تركيب حوالي 4707 م.و من خلالها. واستطاعت الهند خلال نفس الفترة تقريباً (2008-2012)، تركيب 1524 م.و بنفس الآلية (Lema and Lema, 2012: 7).

وبلغت التكلفة الإجمالية لمحطة الكريمات حوالي 340 مليون دولار أمريكى. وتم توفير المبلغ من ثلاث جهات (190 مليون دولار من الوكالة اليابانية للتعاون الدولي كقرض ميسر بفائدة 0,75%، وفترة سداد 40 سنة مع 10 سنوات فترة سماح + 50 مليون دولار منحة من البنك الدولي + 100 مليون دولار من البنوك المحلية عن طريق هيئة الطاقة المتجددة). وتعد هذه أولى مساهمات التمويل المحلي في مشروعات الطاقة المتجددة. وقد بلغت نسبة المكون الأجنبي في مشروع الكريمات حوالي 85%[4]. فيما فرضت الصين نسبة للمكون المحلي وصلت إلى 70% أحياناً، ولم يكن أمام الشركات الأجنبية إلا إقامة مصانع كاملة داخل حدود الصين. واستفادت صناعات الصين من نقل التكنولوجيا في إطار آلية التنمية النظيفة، فبدأت في إنتاج مكونات طاقة الرياح مثلاً بترخيص من الشركات الأجنبية، ثم استطاعت تطوير التكنولوجيا المحلية، والاستثمار في البحث والتطوير حتى أنتجت توربينات صينية تامة (Lema and Lema, 2012: 9)

وتتيح آلية التنمية النظيفة للدول المتقدمة الاستثمار في المشروعات النظيفة داخل حدود الدول النامية كإحدى طرق الوفاء بالتزاماتها تجاه بروتوكول كيوتو، وتتيح للدول النامية تأهيل المشروعات للاستفادة من هذه الآلية. ومع ذلك يصعب تحديد مدى مساهمة هذه الآلية في تحقيق التنمية المستدامة فعلاً في الدول النامية. نظراً لأن التنمية المستدامة نفسها غير محددة تعريفاً ويصعب التحقق منها بمؤشر واضح ومقبول عالمياً (He et al, 2014: 249). لكن يمكن القول أن مساهمة آلية التنمية النظيفة في التنمية المستدامة للدولة المضيفة تتوقف على عدة أمور أبرزها، نوعية المشروعات وشروط التمويل ومدى توافر الإطار التنظيمي والقدرات المؤسسية داخل الدولة المضيفة، وإمكانية الاستفادة من التكنولوجيا المستوردة. وتتوقف هذه العوامل على الظروف المحلية للبلد المضيف بالدرجة الأولى.

ولم تستطع الأرجنتين مثالاً الإفادة من آلية التنمية النظيفة بالشكل المطلوب لأسباب مرتبطة بضعف القدرات المؤسسية والافتقار إلى إطار تنظيمى قوى، ولاسيما في الأنشطة المتصلة بتوليد الكهرباء. وأيضاً المبالغة في تقدير حجم الوفر في الانبعاثات نتيجة التقييمات الاقتصادية الخاطئة. ولذلك كانت مساهمة آلية التنمية النظيفة في التنمية المستدامة بالأرجنيتن ضعيفة جداً، ولم تسهم في نقل أو تطوير التكنولوجيا. وفي بعض الأحيان تم استيراد التكنولوجيا بدون المعرفة المطلوبة حول تركيبها وتشغيلها وصيانتها (Blanco et al, 2016: 445). وتنطبق هذه الظروف بشكل كبير على مصر.

المرحلة الثالثة: تبدأ من عام 2012، ويمكن تسميتها بمرحلة القطاع الخاص. حيث أقرت الحكومة المصرية تعريفة التغذية لمشروعات الطاقة المتجددة على مرحلتين عامي 2014 و2016. ولم تظهر بعد نتائج هذه السياسة، وإن كانت المؤشرات غير جيدة بسبب انسحاب عدد كبير من الشركات الأجنبية لأسباب ذكرت سابقاً (يونس ، 2016: 1). وبالنسبة للحكومة، لم تختلف طريقة التمويل عن السابق. فتم إنشاء محطتي خليج الزيت والكريمات (بتكلفة إجمالية= 340 مليون يورو + 340 مليون دولار). وساهمت الحكومة الألمانية في

[4] المكون الأجنبي يقصد به ما تم إنفاقه على شراء معدات للمشروع من الخارج، والمكون المحلي يمثل ما أمكن شراؤه من السوق المحلية.

تمويل المشروع بالاشتراك مع بنك الاستثمار الأوروبى والمفوضية الأوروبية. ويجري كذلك إنشاء محطتي جبل الزيت (2) و (3)، بالتعاون مع الحكومتين اليابانية والإسبانية على الترتيب.

وتستمر الحكومة المصرية على نفس النهج التمويلي، دون أدنى مساهمة للقطاع الخاص المحلي في تمويل أو ملكية مشروعات الطاقة المتجددة لإنتاج الكهرباء. ولكن المشكلة لا تكمن في مصدر التمويل، هل هو محلي أم أجنبى. إذ نجحت ألمانيا باعتمادها على مصادر محلية وبمشاركة القطاع الخاص والمواطنين تحديداً، فيما اقتصر دور الحكومة على تمويل المراكز البحثية. ونجحت الصين باعتمادها على التمويل الحكومي المحلي بنسبة تتخطى 84% في حالة طاقة الرياح، و60% في حالة الطاقة الكهروضوئية، ناهيك عن المحطات الكهرومائية الكبيرة. إن المشكلة تكمن بالدرجة الأولى في قصور الآليات التمويلية أو بمعنى آخر اقتصار الحكومة المصرية على آلية وحيدة أو اثنتين بالإضافة إلى فقدان الإطار التنظيمي القوي.

كذلك، يمكن ملاحظة التخبط الواضح في الخطط الاستثمارية للطاقة المتجددة. وذلك من خلال المقارنة بين المبالغ المعتمدة في الموازنة، وبين الاستثمارات المنفذة فعلياً في الجدول التالي، حيث تعتبر الحكومة هي المستثمر الوحيد في الطاقة المتجددة من خلال هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة.

جدول (4 -6) تطور حجم استثمارات الطاقة المتجددة
في مصر خلال الفترة (2001/2000- 2011/2010) بـالمليون جنيه

السنة	ربط الموازنة	الربط المعدل	المنفذ الفعلي	نسبة الفعلي للمعدل
2001/2000	201,6	201,6	85,4	%42
2002/2001	208,3	208,3	105,8	%51
2003/2002	261,3	261,3	224	%86
2004/2003	303,2	323,2	439,1	%136
2005/2004	217,7	217,7	309,7	%142
2006/2005	26,7	26,7	363,6	%1360
2007/2006	481,1	624,1	814,3	%130
2008/2007	1144,4	1238,2	1403,3	%113
2009/2008	1206	1079,8	1161,4	%108
2010/2009	285,9	454,5	593,5	%131
2011/2010	29	172,5	130,3	%75

المصدر: عمر، خالد، 2012: 34.

من خلال الجدول السابق، يمكن ملاحظة أن:

أ- هناك تذبذب واضح في استثمارات الحكومة المصرية في الطاقة المتجددة. ويظهر ذلك من تغير نسبة التنفيذ الفعلي بشكل عشوائي، كما يتضح من الجدول السابق. حيث ارتفعت الاستثمارات من 85,4 مليون جنيه عام 2001/2001 إلى 439,1 عام 2004/2003. وانخفضت بعدها إلى 309,7 مليون

جنيه عام 2005/2004، ثم عاودت الارتفاع لتصل لأعلى قيمة لها عند 1403,3 مليون جنيه عام 2008/2007، ثم انخفضت بشدة إلى 130,3 مليون جنيه عام 2011/2010.

وارتبط الصعود والهبوط في الاستثمارات بمراحل إنشاء محطة رياح الزعفرانة، وحجم التمويل المتوفر في كل مرحلة. وفي الفترة التالية من بعد عام 2012، تم إنشاء محطة الرياح الأولى بخليج الزيت، ومحطة الكريمات الشمسية. وقد تم تمويل إنشاء هاتين المحطتين من الخارج فيما عدا 100 مليون دولار ساهمت بها هيئة الطاقة المتجددة في محطة الكريمات، ونسبتها أقل من 30%.

ب- يصعب القول أن الحكومة تستطيع تحقيق أهدافها من الطاقة المتجددة لعام 2022 نظراً للنمو غير المستقر للاستثمارات، على عكس حالتي ألمانيا والصين. إذ تميزت كل منهما بتعدد آليات التمويل ومصادره، ووضوح الرؤية العامة، والإطار التنظيمي الفعال. وتقتصر استثمارات الطاقة المتجددة في مصر على الحكومة فقط. وترتبط قدرة الحكومة على تمويل استثماراتها بشكل كبير بحالة الموازنة العامة للدولة التي تعاني عجزاً مستمراً. وفي المقابل تتركز استثمارات الحكومة الألمانية في تمويل المراكز البحثية، وإلزام المؤسسات الحكومية بتوفير حاجتها للطاقة عن طريق الطاقة المتجددة. وتتركز استثمارات الطاقة المتجددة في أيدي القطاع الخاص والمواطنين. وتستمر نسبة استثمارات الحكومة الصينية في الانخفاض رغم طبيعة النظام الاشتراكي، وتوفر قدرات تمويلية كبيرة بفضل عائدات التصدير. وتتزايد نسبة القطاع الخاص والمشروعات المشتركة، وتتولى الحكومة أيضاً تمويل المراكز البحثية وتنظيم الاستثمار الأجنبي المباشر داخل الصين.

وبناءً عليه، يحقق الاعتماد على التمويل الخارجي للاستثمار في الطاقة المتجددة آثاراً إيجابية في الأجل القصير بعلاجه لمشكلة نقص التمويل. لكن استمرار ذلك في الأجل المتوسط والطويل ونقل التكنولوجيا دون دراية بالمعارف المرتبطة بها سيبطئ نمو قطاع الطاقة المتجددة، ويُحمل الموازنة العامة للدولة أعباءً إضافية. خاصةً وأن عملية توفير التمويل الخارجي والتفاوض على الشروط من جانب الحكومة تأخذ مدة زمنية أطول كثيراً، ويزداد الأمر صعوبة في حالة القطاع الخاص.

ويهدد تأخر مشاركة القطاع الخاص في مشروعات الطاقة المتجددة قيام سوق متكامل ومتعدد الأطراف للطاقة المتجددة. لذا، لابد من استراتيجية لتمويل الطاقة المتجددة يتم فيها تحفيز القطاع المالي على المشاركة في تنمية الطاقة المتجددة. ويمكن تحقيق ذلك من خلال أمرين، أولهما وضع إطار تنظيمي لتحويل **الاستثمار المحلي** نحو قطاع الطاقة المتجددة. ويتطلب ذلك استخدام أسعار الفائدة التفضيلية وإدخال السندات الخضراء ووضع معايير للاستثمار المسئول اجتماعياً، وإنشاء مؤسسات تمويلية متخصصة لهذا الغرض. ولن يحدث ذلك إلا بتضمين اعتبارات الاستدامة بشكل مباشر في السياسة النقدية والائتمانية بواسطة الحكومة المصرية. أما الأمر الثاني، فيتمثل في استخدام التمويل الحكومي لسد فجوات تمويلية محددة أو التغلب على العوائق التي تواجه تقنيات بعينها.

وقبل العمل على تحفيز القطاع المالي، ينبغي أن تقوم الحكومة بتهيئة الظروف لإقامة سوق مستقرة للطاقة المتجددة. ويأتي ذلك أيضاً من خلال أمرين، أولهما: تحرير أسعار الطاقة المصرية بشكل تدريجي لتحقيق المساواة بين خيارات الطاقة المختلفة ومنح الحرية الكاملة لدخول وخروج المستثمرين من السوق. وهو ما يحفز القطاع المالي بشكل غير مباشر. وقد شرعت فيه الحكومة المصرية بالفعل منذ عام 2014. وأما الأمر الثاني فيتمثل في تضمين الآثار الخارجية على البيئة والمجتمع في أسعار الطاقة حتى تعكس تكلفتها الحقيقية،

وفي هذه الخطوة أيضاً دعم غير مباشر للطاقة المتجددة وتحفيز إضافي للقطاع المالي. وكل هذه الخطوات لن تتم إلا من خلال الحكومة (معهد التخطيط القومي، 2015: 146-149).

ويبحث القطاع الخاص دوماً عن تحقيق الأرباح ولاسيما في الأجل القصير، ولهذا لا ينشغل بالاستثمار في البحث العلمي وتطوير التكنولوجيا إلا إذا تم تحفيزه على ذلك. ولذلك، لابد أن يمتد دور الحكومة لتمويل المراكز البحثية الحكومية وتقديم منح مباشرة للمراكز الخاصة لتطوير تكنولوجيات أكثر ملاءمة للظروف المحلية، والاكتفاء بتمويل المشروعات التي يتجنبها القطاع الخاص مثل مشروعات طاقة الرياح البحرية. ويمكن للحكومة البدء بمشروعات مشتركة بينها وبين القطاع الخاص لضمان توفير التمويل، ثم تبيع حصتها فيما بعد.

وبشكل عام، لا يمكن أبداً الاعتماد بالكامل على طريقة وحيدة للتمويل ، خاصة وأنها لم تؤد إلى نمو يذكر في قطاع الطاقة المتجددة، بل يجب تصميم حزمة من الآليات التمويلية لتناسب المشروعات وفقاً لأحجامها المختلفة (كبيرة/متوسطة/صغيرة)، ووفقاً لنوع المشروع (منزلي/تجاري)، ووفقاً لنوع التكنولوجيا المستخدمة (شمسية/رياح). وتعاني مصر دائماً، ليس من ابتكار الآليات التمويلية إذ أنها غالباً ما تكون مناسبة، وإنما تعاني من عدم تفعيل هذه الآليات. وقد أعلنت وزارة المالية عن توفير قروض ميسرة بمعدلات فائدة تصل إلى 4% للمشروعات المنزلية وقدرة حتى 200 كيلووات، و8% فائدة للمشروعات ذات القدرة من 200 كيلووات وحتى 500 كيلووات. ولكن لم يتم إصدار لائحة تنفيذية لتفعيل التمويل. وإن تم التفعيل، لا تزال مشكلة غياب الوعي لدى المواطنين بشأن فرص التمويل ومزايا استغلال الطاقة المتجددة (جاسر، 2015: 22-23). ويمتلك المواطنون نحو نصف القدرات المركبة للطاقة المتجددة في ألمانيا بفضل النماذج التمويلية المستخدمة.

ويتركز التمويل الخارجي أو المنح في إقامة المشروعات الكبيرة لإنتاج الكهرباء واستيراد معظم مكوناتها من الخارج دون خلق روابط أمامية وخلفية في السوق المحلي. بينما يتم تجاهل مشروعات الطاقة الشمسية الصغيرة على أسطح المباني. وهي الأكثر إفادة لخدمة الشريحة العظمى من المواطنين، وتوفير مصدر دخل إضافي لهم. ويمكن بناء صناعة وطنية لتلبية الطلب عليها. في المقابل، قدمت الصين إعانات حكومية للمواطنين تصل إلى 50%، وقروض بنكية. وقدمت إعانات مباشرة لشراء وتركيب السخانات الشمسية.

المبحث الرابع

الآثار الاقتصادية لاستخدامات الطاقة المتجددة

وضعت الحكومة المصرية خططاً مستقبلية، تقضي برفع القدرات المركبة لطاقة الرياح من 550 م.و عام 2014 إلى 7200 م.و عام 2022، وزيادة القدرات المركبة للطاقة الكهروضوئية والطاقة الشمسية المركزة إلى 220 و 1100 م.و على الترتيب. وقد تم رفع مستوى الأهداف إلى 700 و 2800 م.و يتم تركيبها لنفس التقنيتين بحلول عام 2027. وهذا التوسع في القدرات المركبة للطاقة المتجددة لابد أن يرتب آثاراً مختلفة على النمو الاقتصادي وتوفير الوقود الأحفوري للأجيال القادمة، وتوفير فرص عمل، وتوزيع الدخل، ومستوى الفقر، وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون وغيرها.

1- الطاقة المتجددة والنمو الاقتصادي:

لا تزال الطاقة المتجددة تشكل حصة ضئيلة من استهلاك الطاقة في مصر، وبالتالي إجمالي الناتج. بينما تصل نسبة قطاع البترول في الناتج إلى 13,47% عام 2015/2014 وهي أعلى نسبة مساهمة. يليه قطاع الزراعة بنسبة 11,1%. ورغم ذلك يولد قطاع البترول نسبة ضئيلة من فرص العمل، مقابل 30% من العمالة داخل قطاع الزراعة. في كل الأحوال، يختلف تأثير الطاقة المتجددة على النمو الاقتصادي كما يلي (Al-Riffai et al, 2015: 10-17):

أ- إذا تم بيع الكهرباء المتجددة بسعر الكهرباء التقليدية (دون ضرائب كربونية)، وفي ظل انخفاض أسعار الوقود الأحفوري، ستكون المحصلة إيجابية على النمو الاقتصادي ككل ولكن ضعيفة جداً. حيث أن تكثيف الدعم للطاقة المتجددة سيزيد النمو الاقتصادي، لزيادة تدفق الاستثمار الأجنبي والمحلي نحو الطاقة المتجددة. وقد يؤثر هذا التوسع في استخدام الطاقة المتجددة سلباً على القطاعات الأخرى بطريقتين، الأولى: أن زيادة الدعم الموجه للطاقة المتجددة دون فرض ضرائب أو توفير مصادر مبتكرة لتمويله سيؤثر بالسلب على الإنفاق الاستثماري على القطاعات الأخرى. وهذا ما يجذب الحكومة لطاقة الرياح، حيث التكلفة المنخفضة وعدم الحاجة إلى دعم إضافي. والثانية: إذا تم بيع الكهرباء المتجددة لدول أخرى، فقد تؤدي الزيادة الكبيرة في صادرات الطاقة المتجددة إلى ارتفاع سعر الصرف، مما يقلل من تنافسية القطاعات التصديرية التقليدية مثل المنسوجات والمواد الكيميائية، والخدمات الخاصة مثل السياحة وقناة السويس. والتصور الأخير يمكن استبعاده لسبب منطقي يتمثل في صعوبة تصدير كل الكهرباء المتجددة خاصة مع وجود عجز في الطاقة المحلية. بالإضافة إلى أن صادرات الطاقة المتجددة تحتاج إلى سنوات طويلة حتى تصبح نسبتها إلى الصادرات الإجمالية ذات تأثير قوي على سعر الصرف.

ب- إذا تم فرض ضريبة على الكربون سترتفع أسعار الوقود الأحفوري، والكهرباء التقليدية. وقد تتساوى مع تكلفة إنتاج الكهرباء المتجددة أو تتخطاها. وهنا، لن تتحمل الدولة دعماً إضافياً لأي من التقنيات حتى الطاقة الشمسية المركزة. لكن ارتفاع أسعار الطاقة يدفع الحكومة نحو مزيد من الإنفاق على تطوير وتوسيع شبكات الأمان الاجتماعي. ونفس الأمر سيحدث في حالة خفض دعم الوقود - وهو ما بدأته

الحكومة بالفعل - حيث لن يتأثر قطاع الطاقة المتجددة بشكل مباشر، لكن الآثار غير المباشرة كثيرة منها رفع تكاليف مدخلات الطاقة إلى جميع القطاعات تقريباً، وما يترتب عليه من ارتفاع معدلات التضخم وانخفاض الدخل الحقيقي. والأثر الإيجابي هنا يتمثل في خفض عجز الموازنة.

2- الطاقة المتجددة وتوفير الوقود:

بلغت القدرات المركبة لطاقة الرياح 550 م.و عام 2015/2014 قبل انضمام محطة خليج الزيت الجديدة بقدرة 200 م.و. وما زالت القدرات المركبة للطاقة الشمسية المركزة 20 م.و حتى الآن. لذلك تعتبر محطات الرياح السبب وراء معظم أو كل الوفر في الوقود، وقد تم تحقيق وفر في الوقود بحوالي 58 ألف طن مكافئ نفط عام 2002/2001 مقابل 69 م.و قدرة مركبة، ثم ارتفع الوفر في الوقود بشكل مستمر مع استكمال تركيب محطة الرياح بالزعفرانة.

جدول رقم (4 -7) تطور حجم الوفر في الوقود الأحفوري المستخدم لإنتاج الكهرباء في مصر (2002/2001- 2014/2013)

السنة	**حجم القدرات المركبة** (ميجاوات)	**الوفر في الوقود** (ألف طن مكافئ نفط)	**معدل الوفر في الوقود لكل ميجاوات** (طن/ميجاوات)
2002/2001	69	58	841
2003/2002	69	49	710
2004/2003	145	87	600
2005/2004	145	122	841
2006/2005	230	127	552
2007/2006	310	139	448
2008/2007	390	184	472
2009/2008	435	203	467
2010/2009	550	249	453
2011/2010	550	312	567
2012/2011	550	325	591
2013/2012	550	269	489
2014/2013	550	283	515

المصدر: إعداد الباحث بالاعتماد على بيانات تقرير (هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، 2015: 22).

وقد وصل حجم الوفر في الوقود إلى حده الأقصى 325 ألف طن عام 2012/2011، لينخفض بعد ذلك حتى يصل إلى 283 ألف طن عام 2014/2013. وليس لهذا الانخفاض تفسير إلا تشغيل محطة الرياح بأقل من طاقتها الكاملة أو توقف أجزاء منها بسبب الصيانة. وقد بلغ الوفر في الوقود من تشغيل محطة الغردقة ذات الـ 5 م.و حوالي 1000 طن مكافئ نفط، وذلك عام 2014/2013، بمعدل وفر 200 طن/ ميجاوات. بينما تظهر الأرقام في الجدول السابق أن معدل الوفر في الوقود لكل ميجاوات قد وصل 453 طن/ ميجاوات بمجرد وصول قدرات الرياح في مصر إلى 550 م.و عام 2010/2009، ثم ارتفع هذا المعدل حتى وصل 591 طن/ميجاوات لينخفض بعدها قليلاً إلى 515 طن/ميجاوات عام 2014/2013. أي أنه مع زيادة القدرات المركبة يزداد الوفر في الوقود بمعدلات أعلى لكل ميجاوات.

وإذا استطاعت مصر تحقيق هدفها الاستراتيجى عام 2022 بتركيب 7200 م.و ربما يصل الوفر في الوقود إلى 4,25 مليون طن مكافئ نفط إذا افترضنا استمرار معدل الوفر الخاص بعام 2012/2011. وهو رقم لا يستهان به، إذ يمثل حوالي 12% من إنتاج مصر من النفط لعام 2015، وحوالي 10,3% من إنتاج الغاز الطبيعي نفس العام. وكلما زادت القدرات المركبة مع التطور المستمر في التكنولوجيا زاد حجم الوفر في الوقود، وانخفضت انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.

3- الطاقة المتجددة وتوفير فرص العمل:

استطاعت الصين توفير ما يقرب من 4 مليون فرصة عمل عام 2015، بمعدل 8,3 وظيفة لكل ميجاوات يتم تركيبها ، ويعود 49% منها إلى الطاقة الكهروضوئية[5]. وتمكنت ألمانيا من توفير 339,000 وظيفة عام 2014، بمعدل 3,5 وظيفة لكل ميجاوات مركبة، ويعود 42% منها لطاقة الرياح. ويرجع هذا التفاوت في معدل الوظائف لاتساع حجم السوق الصيني، ومن ثم استهلاك الكهرباء، واستهداف الصين للأسواق الدولية في المقام الأول. بينما تستهدف ألمانيا تحقيق أمن الطاقة بالاعتماد على موارد محلية، ولذلك كان تركيزها على طاقة الرياح محلياً أكثر من التصدير. أما النسبة الأكبر من الوظائف فتعكس تركيز الحكومة على تكنولوجيا بعينها أكثر من الأخرى.

جدول رقم (4- 8)

عدد وظائف الطاقة المتجددة لكل ميجاوات في ألمانيا والصين ومصر لعام 2015

الدولة	عدد وظائف الطاقة المتجددة	حجم القدرات المركبة (ميجاوات)	عدد الوظائف لكل ميجاوات	التكنولوجيا الأعلى توظيفاً
ألمانيا	339,000	98,288	3,5	42% (طاقة الرياح)
الصين	3,995,500	481,739	8,3	49% (الطاقة الكهروضوئية)
مصر	4,200	795 (بدون قدرات كهرومائية)[6]	5,3	71% (الطاقة الكهروضوئية)

المصدر: إعداد الباحث بالاستعانة ببيانات www.Irena.org

وقد وصل عدد الوظائف في مصر إلى 4,200 وظيفة عام 2015، بمعدل 5,3 وظيفة لكل ميجاوات. وهو معدل مرتفع بالنظر إلى أن مصر تقوم باستخدام الطاقة المتجددة في إنتاج الكهرباء فقط. أما استحواذ طاقة الرياح على هيكل القدرات المركبة فيرجع إلى أنها أقل تكلفة، رغم أن قدرتها على خلق الوظائف أقل بكثير من الطاقة الكهروضوئية.

4- الطاقة المتجددة وتوزيع الدخل:

تستفيد جميع الشرائح في الريف من إنتاج الطاقة المتجددة، نظراً لأن الظروف تكون مهيأة أكثر في الريف والمناطق النائية. وتحصل الأسر ذات الدخل المنخفض بالفعل على نصيب أكبر. ويرجع ذلك إلى أن هذه الأسر غالباً ما تضم العمالة الأقل مهارة. وهم الأكثر استفادة من نمو الطاقة المتجددة بفضل الحاجة إليهم في

[5] تم حساب هذا المعدل من خلال قسمة عدد وظائف الطاقة المتجددة على حجم القدرات المركبة لكل دولة.

[6] 795 م.و = 750 م.و قدرات رياح + 20 م.و قدرات شمسية مركزة + 25 ميجاوات قدرات كهروضوئية.

تصنيع المعدات، حيث العمالة المطلوبة أكبر. بينما تكون الاستفادة أقل بالنسبة لسكان الحضر، حيث يضم الحضر غالباً العمالة الماهرة وشبة الماهرة والأعلى في مستويات التعليم على عكس القطاع الزراعي في الريف، وهؤلاء تزداد الحاجة إليهم في مجال توليد الكهرباء. وإن كان الدخل في هذا المجال أعلى لكن عدد الوظائف أقل (Al-Reffai et al, 2015: 10).

5- الطاقة المتجددة ومعدلات الفقر:

لن يكون أثر الطاقة المتجددة على مستويات الفقر كبيراً إلا من خلال خلق وظائف جديدة. وتتوقف عملية خلق الوظائف على حجم الاستثمار ونوع التكنولوجيا. وتستهدف الحكومة المصرية زيادة قدرات طاقة الرياح (الأقل قدرة على توليد الوظائف) إلى 7200 م.و بحلول 2022 بينما لم تعط نفس الوزن أو حتى قريباً منه للطاقة الكهروضوئية والطاقة الشمسية المركزة رغم معدلاتها التوظيفية العالية. ولذلك، يُتوقع أن تكون استثمارات طاقة الرياح أكبر بكثير من النوعين الآخرين، وبالتالي لن يكون الأثر كبيراً على التوظيف ومن ثم الفقر. وبناءً عليه، إذا كان الهدف الأساسي من السياسة العامة هو الحد من الفقر لابد من تطوير وتوسيع شبكات الأمان الاجتماعي لأنها أكثر تأثيراً في مواجهة الفقر. وفي حالة استهداف فقر الطاقة في المناطق النائية فلا شك أن الطاقة المتجددة هي الأكثر قدرة على حل هذه المشكلة.

6- الطاقة المتجددة والحد من الانبعاثات:

ترتبط الطاقة المتجددة بعلاقة قوية ومباشرة مع انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. وتؤدي زيادة القدرات المركبة للطاقة المتجددة لتقليل استخدام الوقود الأحفوري، ومن ثم إبطاء النمو في الانبعاثات. وطوال الفترة من 2000 حتى 2014 تراوح حجم الوفر في الانبعاثات ما بين 8,565 مليون طن مكافئ Co_2 كحد أقصى و 6,848 مليون طن كحد أدنى كما في الجدول التالي:

جدول رقم (4 -9) تطور حجم الوفر في انبعاثات Co_2 في مصر خلال الفترة (2000 – 2014)

السنة	القدرات المركبة للطاقة المتجددة (ميجاوات)	انبعاثات الوقود المستبدل (Co_2 ألف طن مكافئ)	انبعاثات الطاقة المتجددة (Co_2 ألف طن مكافئ)	حجم الوفر في الانبعاثات (Co_2 ألف طن مكافئ)
2000	2855,1	7275	0,056	7219
2001	2855,5	8083	0,062	8021
2002	2855,6	6902	0,054	6848
2003	2932	6903	0,054	6849
2004	2932	7073	0,056	7017
2005	2932	6958	0,057	6901
2006	3017	7121	0,058	7063
2007	3097	7160	0,059	7101
2008	3241	8637	0,072	8565
2009	3286	8254	0,071	8183
2010	3415	7416	0,067	7349
2011	3435	7726	0,072	7654
2012	3435	7684	0,072	7612
2013	3435	7623	0,069	7554
2014	3435	7774	0,071	7703

المصدر: إعداد الباحث بالاستعانة ببيانات www.Irena.org

ويتضح من الجدول عدم وجود نمو مستمر في الوفر من الانبعاثات. ويرجع ذلك إلى عدم حدوث تغيرات كبيرة في القدرات المركبة للطاقة المتجددة. ويختلف معدل الوفر في الانبعاثات لكل ميجاوات من دولة لأخرى وفقاً لهيكل القدرات المركبة للطاقة المتجددة. ففي مصر، يلاحظ أن معدل الوفر في الانبعاثات يقارب 2,24 ألف طن مكافئ Co_2/ ميجاوات عام 2014، بينما يزداد في الصين إلى 3,1 ألف طن/ ميجاوات، ويقل هذا المعدل في ألمانيا ليصل إلى 1,6 ألف طن/ميجاوات فقط في نفس العام. ويرجع ذلك إلى سيطرة القدرات الكهرومائية على هيكل القدرات المتجددة في كل من مصر والصين، وهي أقل التكنولوجيات بعثاً للكربون. بينما يتنوع هيكل القدرات المتجددة في ألمانيا، إذ تسيطر عليه طاقة الرياح ثم الطاقة الشمسية، وهناك نصيب واضح أيضاً لكل من الكتلة الحيوية ونصيب أقل للطاقة الكهرومائية.

نتائج ومقترحات الدراسة

نتائج ومقترحات الدراسة

1- نتائج الدراسة:

يعتبر الغرض الأساسي من دراسة الأبعاد الاقتصادية لاستخدامات الطاقة المتجددة في مصر بحث مدى إمكانية زيادة مساهمة الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة الحالي، وهو الأمر الذي يرجع إلى خصائص الطاقة المتجددة، والفوائد الاقتصادية والاجتماعية والبيئية التي تنتج عنها. وتتمتع مصر بإمكانات كبيرة لاستغلال الطاقة المتجددة على عكس إمكاناتها المحدودة من الوقود الأحفوري. وقد توصلت الدراسة إلى النتائج التالية في هذا الإطار:

1-1 نتائج الدراسة على المستوى النظري:

أ) في إطار السعي نحو التنمية المستدامة، تعتبر الطاقة المتجددة هي الخيار الأمثل. وتتميز بقدرتها على توفير الطاقة اللازمة لاستمرار النمو الاقتصادي، وتحقيق أمن الطاقة باستخدام موارد محلية، فضلاً عن آثارها الإيجابية فيما يتعلق بخفض الانبعاثات الكربونية والحد من تغير المناخ. وتستطيع الطاقة المتجددة خلق وظائف أكثر من الوقود الأحفوري، وعلاج فقر الطاقة في المناطق النائية.

ب) تلعب الطاقة المتجددة دوراً مباشراً وصريحاً في تحقيق ثمانية أهداف على الأقل من الـ 17 هدفاً للتنمية المستدامة لما بعد عام 2015. وتدور هذه الأهداف حول ضمان حصول الجميع على خدمات الطاقة الحديثة بتكلفة ميسورة، والحد من تغير المناخ، والقضاء على الجوع وتحقيق الأمن الغذائي، وضمان وجود أنماط إنتاج واستهلاك مستدامة إلى آخره.

ج) يعتبر الاستثمار في البحث العلمي هو العنصر الحاسم في خفض تكاليف التكنولوجيا. ولابد أن يحظى الاستثمار في البحث العلمي بنفس أهمية الدعم المالي المباشر لمشروعات الطاقة المتجددة، خشية أن يتحول الأمر فيما بعد لأزمة شبيهة بأزمة دعم الوقود الأحفوري، ولا تستطيع مشروعات الطاقة المتجددة الاستغناء عن هذا الدعم.

د) يُتوقع أن ترتفع أسعار الوقود الأحفوري إذا تم دمج التكاليف الخارجية ضمن تكلفة الإنتاج. وستكتسب الطاقة المتجددة بذلك ميزة نسبية قبل تقديم أي دعم مالي لها.

ه) تفرض طبيعة وخصائص الاستثمار في مشروعات الطاقة المتجددة وجود التمويل الحكومي بجانب القطاع الخاص، ولكن ينبغي تحديد اتجاهات هذا التمويل بحيث يكمل ويساند القطاع الخاص دون أن يزاحمه. ولا ينبغي الاقتصار على آلية وحيدة للتمويل وإنما استخدام آليات تمويلية متنوعة ومبتكرة مثل السندات الخضراء ورأس المال المغامر، وتكوين مؤسسات تمويلية متخصصة مثل البنوك الخضراء.

و) تحتاج الدولة إلى مزيج من السياسات لزيادة استخدام الطاقة المتجددة. وتتنوع هذه السياسات وفقاً لتكلفة مصدر الطاقة (طاقة شمسية/ طاقة رياح/ طاقة حيوية). ووفقاً للقطاع المستهدف (منزلي/ تجاري/ صناعي).

ز) يوفر إلغاء دعم الوقود الأحفوري كأحد متطلبات إقامة سوق للطاقة المتجددة موارد مالية يمكن استخدامها لدعم ونشر الطاقة المتجددة. أما أن يتم خفض أو إلغاء الدعم لمجرد تخفيف العبء عن كاهل الدولة دون تجهيز البديل المناسب، فإنه يترتب على ذلك موجات تضخمية وحالة من الغضب الشعبي.

ح) يتسبب الاعتماد على مصادر خارجية لتمويل وإنشاء مشروعات الطاقة المتجددة في خلق مشروعات منعزلة عن السوق المحلي، ولا تنشأ عنها روابط أمامية أوخلفية. وبالتالي تتسرب معظم عوائد المشروع إلى الخارج، ولا تضيف إلى الناتج المحلي.

ط) يترتب على مشروعات الطاقة المتجددة آثاراً إيجابية على مستوى التنمية الريفية وتحقيق أمن الطاقة وتوفير مصادر أخرى للدخل وعلاج مشكلة فقر الطاقة، لكن العلاقة بين إنتاج الطاقة الحيوية و إنتاج المحاصيل الغذائية قد تشكل تهديداً للأمن الغذائي في الدول المستوردة للغذاء.

1-2 نتائج الدراسة على المستوى التطبيقى:

1-2-1 نتائج الدراسة بالنسبة للطاقة المتجددة عالمياً:

أ) بدأت العلاقة بين أسعار الوقود الأحفوري ونمو الطاقة المتجددة عالمياً في التفكك، خاصةً بعد استمرار نمو القدرات المركبة للطاقة المتجددة مؤخراً رغم انخفاض أسعار الوقود الأحفوري. وأصبح نمو القدرات المركبة غير مشروط بارتفاع أسعار البديل الأحفوري وإنما أصبح متوقفاً على نمو استثمارات الطاقة المتجددة وحجم الطلب على الكهرباء ومستوى التكاليف وغيرها من العوامل التي تخص قطاع الطاقة المتجددة نفسه.

ب) لم تعد تكنولوجيا الطاقة المتجددة التي تحتكرها الدول المتقدمة عائقاً أمام زيادة استثمارات الدول النامية. ففي عام 2015، زادت استثمارات الدول النامية في الطاقة المتجددة عن الدول المتقدمة، وزاد إنفاق الدول النامية مثل الصين والهند على البحث وتطوير تكنولوجيا خاصة بها. ورغم أن هذا يعد تحسناً كبيراً في صالح الدول النامية إلا أنه يثير تساؤلاً بشأن الظروف البيئية السيئة وخاصة مشكلة تغير المناخ، لأن الدول المتقدمة هي الأكثر إطلاقاً للإنبعاثات الكربونية. وتنتج مجموعة الـ 20 بمفردها 80% من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون عالمياً.

1-2-2 نتائج الدراسة فيما يتعلق بتجربتي ألمانيا والصين:

أ) يعتبر قانون الطاقة المتجددة في ألمانيا والصين بمثابة نقطة التحول في مسيرة تلك الدول نحو مساهمة أكبر للطاقة المتجددة. وهذا يُبرز دور الإطار التشريعي في نمو قطاع الطاقة المتجددة، حيث زادت معدلات نمو القدرات المركبة للطاقة المتجددة بشكل ملحوظ في ألمانيا والصين مع دخول قانون الطاقة المتجددة في كل منها حيز التنفيذ.

ب) تختلف تجربة ألمانيا في استخدام الطاقة المتجددة عن الصين من حيث الدوافع والاستراتيجية العامة والتكاليف والسياسات المستخدمة وحتى مصادر التمويل وآلياته، ويمكن توضيح ذلك من خلال الجدول التالي:

جدول رقم (5- 1)

مقارنة بين الأبعاد الاقتصادية للطاقة المتجددة في كل من ألمانيا والصين

وجه المقارنة	ألمانيا	الصين
الدوافع الأساسية	تحقيق أمن الطاقة ثم خفض الانبعاثات	المشاركة في سلسلة القيمة العالمية للطاقة المتجددة ثم خفض الانبعاثات
الاستراتيجية العامة للتحول	استهداف السوق المحلي	التوجه نحو الأسواق الدولية
التكاليف	طاقة الرياح هي الأقل تكلفة في إنتاج الكهرباء يليها الطاقة النووية ثم الفحم	إنتاج الكهرباء من الفحم هو الأقل تكلفة يليها الكتلة الحيوية ثم طاقة الرياح
السياسات	تعريفة التغذية ثم المناقصات التنافسية مع الإغلاق القسري للمحطات النووية	تعريفة التغذية والمناقصات معاً وكذلك سياسة المحتوى المحلي والدعم المباشر لتصنيع مكونات الطاقة المتجددة مع الإغلاق القسري لمحطات الفحم
مصادر التمويل الأساسية	المواطنون والقطاع الخاص	الحكومة
آليات التمويل	التمويل بالأسهم	الاقتراض المباشر من البنوك المحلية

المصدر: إعداد الباحث.

ج) لم تعد مسألة التحول نحو الطاقة المتجددة مرتبطة بتوافر احتياطيات الوقود الأحفوري من عدمه. إذ أن الصين تسعى لذلك وهي أكبر منتج للفحم في العالم. وكذلك ألمانيا تمتلك احتياطيات كبيرة من الفحم، ورصيد كبير أيضاً من الخبرة في الطاقة النووية.

د) تهدف ألمانيا للتخلص من كافة المحطات النووية بحلول عام 2022 رغم الجدوى الاقتصادية الكبيرة للطاقة النووية. ويرجع ذلك إلى عدم وجود قبول مجتمعي للاستمرار في إنتاج الطاقة النووية خاصة بعد حادث فوكوشيما اليابانية عام 2011. وفي المقابل، لا تملك الحكومة المصرية رفاهية التضحية

بالخيار النووي رغم التكاليف الرأسمالية الضخمة، وارتفاع نسبة المكون الأجنبي. وذلك بسبب الطلب المتزايد على الكهرباء.

ه) لا يتحدد حجم وظائف الطاقة المتجددة من خلال الاستثمارات وحدها، وإنما هناك دور للدوافع وراء التحول نحو الطاقة المتجددة. فإذا كان الدافع الأساسي هو المشاركة في سلسلة القيمة العالمية للطاقة المتجددة، واستهداف التصدير للأسواق الدولية يكون حجم الوظائف أكبر بكثير منها في حالة كون الدافع تحقيق أمن الطاقة من الداخل، حيث يتم استهداف السوق المحلي. والدليل على ذلك أن الصين تستحوذ على ما يقرب من نصف وظائف الطاقة المتجددة عالمياً بفضل استراتيجيتها في التصدير للأسواق الدولية.

1-2-3 نتائج الدراسة فيما يخص الحالة المصرية:

أ) لا تتناسب الاستخدامات الحالية للطاقة المتجددة في مصر مطلقاً مع الإمكانات الكبيرة التي تتمتع بها على مستوى الإشعاع الشمسي ومعدل سرعة الرياح وغيرها. ويرجع ذلك إلى عدد من الأسباب أهمها ارتفاع التكلفة الاستثمارية لمشروعات الطاقة المتجددة، والحاجة إلى استيراد التكنولوجيا.

ب) تعتبر تكلفة إنتاج الكهرباء من الطاقة المتجددة في مصر مرتفعة إلى حدٍ ما بسبب ارتفاع تكلفة الحصول على التمويل، ونقص موارد النقد الأجنبي، وعدم الإنفاق على البحث العلمي وتطوير تكنولوجيات مناسبة محلياً.

ج) تعاني مصر من عزوف الاستثمارات الأجنبية عن مشروعات الطاقة المتجددة، بسبب عدم وجود إطار تنظيمي قوي واشتراط نسبة 70% على الأقل للتمويل من الخارج. بينما تنصرف الاستثمارات المحلية عن قطاع الطاقة المتجددة بسبب نقص النقد الأجنبي اللازم للحصول على التكنولوجيا وسداد أقساط القروض والفوائد.

د) تكمن أهمية الاستثمار الأجنبي المباشر في قطاع الطاقة المتجددة داخل الدول النامية في سهولة الوصول إلى التكنولوجيا ورأس المال اللازم من المؤسسات الدولية أو غيرها، وتزداد درجة الحرص على هذه الاستثمارات في مصر بسبب وجود نقص في النقد الأجنبي لدى مؤسسات التمويل المحلية، وهي المشكلة التي تقف عائقاً أمام المستثمر المحلي لاستيراد التكنولوجيا.

ه) لن يحدث النمو المطلوب في قطاع الطاقة المتجددة حال استمرار مصر في الاعتماد على آلية وحيدة للتمويل وهي الاقتراض الخارجي والتعاون مع الحكومات الأجنبية في إنشاء المحطات بكاملها. لأن هذه الطريقة تأخذ وقتاً طويلاً جداً في التفاوض والتنفيذ، ولا تدعم هذه الطريقة قيام صناعة وطنية بسبب ارتفاع نسبة المكون الأجنبي فيها، وعدم وضع أو تفعيل سياسة المحتوى المحلي.

و) تركز الحكومة المصرية على طاقة الرياح بشكل كبير جداً لأنها أقل تكلفة، ومن ثم لا تحتاج إلى دعم مالي مثل الطاقة الكهروضوئية. ومسألة الدعم لا تعتبر مبرراً كافياً للتركيز على طاقة الرياح فقط. إذ أن إمكانات الطاقة الشمسية في مصر كبيرة جداً مقارنة بطاقة الرياح. وبدلاً من أن تنشئ الحكومة ثلاثة محطات حرارية يصل مجموع قدراتها إلى 14400 ميجاوات، كان من الأفضل تقديم الدعم للطاقة الكهروضوئية. لأن بناء محطات حرارية إضافية يقلل الطلب على الكهرباء المتجددة من جهة المستهلكين، ويزاحم الطاقة المتجددة على الموارد المالية، ويضغط على احتياطيات الغاز الطبيعي.

ز) لا تسمح خصائص قطاع البترول في مصر وغيرها بتوليد عدد كبير من الوظائف، لأنه أحد أكثر القطاعات كثافة في رأس المال على عكس الطاقة المتجددة، التي تخلق وظائف أكثر تبدأ من مراحل البناء مروراً بالتركيب والتشغيل والصيانة على مدار عمر المشروع. وتتيح الطاقة المتجددة لمصر إمكانية المساهمة في سلسلة القيمة العالمية لإنتاج الألواح الكهروضوئية، خاصة وأن مصر تمتلك موارد كبيرة من السيليكون الأكثر نقاءً. أضف إلى ذلك أن مجال الطاقة المتجددة من المجالات حديثة النمو، ومن ثم يمكن اللحاق بمستويات التقدم الفني التي وصلت إليها دول مثل الصين عن طريق الإنفاق بكثافة على البحث وتطوير التكنولوجيا المحلية، على عكس المعدات اللازمة للبحث عن واستخراج الوقود الأحفوري.

2- مقترحات الدراسة:

وبناءً على ما سبق، تقدم الدراسة عدداً من المقترحات الهامة لزيادة استخدامات الطاقة المتجددة في مصر، وذلك كما يلي:

2-1 فيما يتعلق بأهداف وتكاليف الطاقة المتجددة:

أ) تغيير دوافع ومن ثم توجيه استثمارات وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة بحيث تصبح الأولوية للمشاركة في سلسلة القيمة العالمية للطاقة المتجددة، وتحديد أهداف زمنية لذلك. ويمكن استغلال الإمكانات المتاحة في مصر لإنتاج السليكون عالي النقاء، وزراعة الجاتروفا لإنتاج الديزل الحيوي. وهو الأمر الذي مكن الصين من توفير النسبة الأكبر من وظائف الطاقة المتجددة عالمياً.

ب) تحديد نسبة من ميزانية هيئة الطاقة المتجددة ووزارة الكهرباء للاستثمار في البحث العلمي والتطوير لخفض تكاليف التكنولوجيا. ويتم ذلك جنباً إلى جنب مع توفير الدعم المالي لتقنيات الطاقة الشمسية لأنها الأكثر تكلفة.

ج) يتم الاستثمار في أكثر من تقنية لإنتاج الطاقة المتجددة لتحقيق مستوى عالٍ من أمن الإمدادات، حيث أن ارتفاع تكلفة الطاقة الكهروضوئية والطاقة الشمسية المركزة في مصر لا يعتبر مبرراً للتركيز على طاقة الرياح، حتى لا يتم استبدال الوقود الأحفوري بمصدر آخر وحيد هو طاقة الرياح.

د) زيادة نصيب الطاقة الكهروضوئية في استثمارات الطاقة المتجددة على الرغم من تكلفتها المرتفعة في مصر، لأن الاستثمار فيها يخلق عدداً أكبر من الوظائف مقارنة بطاقة الرياح.

2-2 فيما يخص سياسات الطاقة المتجددة وآليات التمويل:

أ) تعتبر سياسة تعريفة التغذية هي الأكثر تناسباً مع ظروف الحالة المصرية نظراً لعدم وجود أية مساهمة للقطاع الخاص في الطاقة المتجددة. وقد استخدمت وحققت نجاحاً فورياً في الصين وألمانيا.

ب) يرجع تباطؤ نمو الطاقة المتجددة في مصر إلى بعض التفاصيل الهامة ضمن منظومة تعريفة التغذية من بينها دفع قيمة التعريفة بالجنيه المصري بسبب نقص النقد الأجنبي إضافةً إلى بند التحكيم المحلي. وقد تم التراجع عن التحكيم المحلي، ولكن بعد تخلى عدد كبير من الشركات عن الاستثمار في السوق المصرية. وهناك المشكلات المعتادة مثل كثرة الإجراءات الإدارية وكثرة الجهات التي يتعامل معها المستثمر. والسبب الأهم وراء بطء النمو في الطاقة المتجددة هو عدم وجود سياسات فعالة لتسهيل الوصول إلى التمويل في مصر. كما تعاني مصر من مشكلة نقص موارد النقد الأجنبي، وهو ما يخلق صعوبات إضافية، إذ أن نسبة المكون الأجنبي في مشروعات الطاقة المتجددة مرتفعة. وبناءً عليه، يجب على الحكومة المصرية أن تضع إطاراً تشريعياً وتنظيمياً قوياً ومتكاملاً لقطاع الطاقة المتجددة وتعزيز الروابط بينه وبين قطاع التمويل، يتم فيه تحديد أهداف الطاقة المتجددة وسياسات القطاع وآليات تفعيل دور المؤسسات التمويلية.

ج) يتوقف نمو قطاع الطاقة المتجددة في المراحل الأولى على مدى توافر النقد الأجنبي الذي يحتاج إليه المستثمر المحلي لاستيراد التكنولوجيا، والمستثمر الأجنبي لسداد أقساط القروض والفوائد. وعليه، لابد من توسيع دائرة الحصول على النقد الأجنبي في مصر، وعدم الاكتفاء بالمصادر الريعية مثل قناة السويس وتصدير الغاز الطبيعي، هذا بالنسبة لجانب عرض النقد الأجنبي. أما بالنسبة لجانب الطلب، فينبغي العمل على زيادة نسب الإنتاج المحلي من السلع التي يتم استيرادها مثل المحاصيل الغذائية، وتوفير النقد الأجنبي لقطاعات أخرى مثل الطاقة المتجددة.

د) وضع تشريعات لتشجيع الاستخدامات الحرارية للطاقة المتجددة، وتطبيقها على المنشآت الحكومية الجديدة والقديمة، وتتمثل في استخدام الطاقة المتجددة في التدفئة وتبريد الهواء وفي تسخين المياه.

ه) تقديم القروض الميسرة والمنح المباشرة للمواطنين لشراء سخانات المياه بالطاقة الشمسية أو مضخات المياه للمزارعين باستخدام وفورات دعم الطاقة، لتقليل أعباء تخفيض الدعم، وتقليل استهلاكهم للكهرباء من الشبكة المركزية.

و) تشجيع المواطنين على تكوين تعاونيات لإنتاج الطاقة المتجددة بالاشتراك فيما بينهم، أو بين مجموعة من المصانع والشركات لإنشاء محطات خاصة بهم بنظام الأسهم أو الاقتراض المباشر من البنوك بتسهيلات خاصة وبدعم جزئي من الحكومة، وإنشاء بنوك مخصصة لذلك.

ز) رفع قيمة تعريفة التغذية للقطاع المنزلي والقطاع الزراعي لتكون أعلى من القطاعات الأخرى، لتشجيع المواطنين والمزارعين على إنتاج الطاقة بأنفسهم، وتصدير الفائض إلى الشبكة. خاصة وأن القطاع المنزلي هو أكبر مستهلك للكهرباء في مصر. وذلك مثلما استهدفت ألمانيا قطاع البناء والتشييد لأنه أكبر مستهلك للطاقة فيها.

ح) يمكن مضاعفة العوائد الناتجة عن تخفيض دعم الطاقة في مصر باستغلال الموارد المالية التي تم توفيرها في إنفاق عام إنتاجي مثل بناء المصانع الكبيرة أو المشروعات الضخمة ذات الصلة المباشرة بالشريحة العظمى من المواطنين، وهو ما يترتب عليه آثار إيجابية على النمو الاقتصادي. ويمكن استغلال الموارد المالية الموفرة في تجهيز بدائل أخرى للوقود الأحفوري كما سبق التوضيح، وسيكون لذلك أثراُ ايجابياُ أيضاً. لكن لا يقترح استخدام هذه الموارد التمويلية لخفض العجز المالي في الموازنة العامة للدولة.

ط) يمكن للحكومة المصرية أن تستخدم وفورات دعم الطاقة في إنشاء بنوك تختص بتمويل الاستثمارات الخضراء ذات الحجم الصغير والمتوسط على غرار البنوك الخضراء في أوروبا، خاصة وأن هذه المشروعات لا تملك ضمانات كافية للحصول على التمويل مثل المشروعات الكبيرة.

ي) تنويع آليات التمويل ما بين الاقتراض من البنوك التقليدية، والسندات الخضراء، وتشجيع رأس المال المغامر، والمستثمرين المؤسسيين، والتمويل بالأسهم، وغيرها من الآليات.

ويقترح الباحث أن تركز الدراسات المستقبلية في مجال الطاقة المتجددة على مسألة كفاءة تخصيص الاستثمار بين مصادر إنتاج الطاقة المتجددة في مصر أو كفاءة تخصيص الاستثمار والمزيج الأمثل للطاقة المتجددة في مصر.

مراجع الدراسة

مراجع اللغة العربية:

أولاً: الكتب.

1. اتكين، دونالد (2005)، التحول إلى مستقبل الطاقة المتجددة، ترجمة هشام العجماوى، وزارة الدولة لشئون البيئة، القاهرة.
2. إسماعيل، محمد رأفت & الشكيل، على جمعان (1998)، الطاقة المتجددة، دار الشروق، القاهرة.
3. الخياط، محمد مصطفي (2013)، الطاقة .. لعبة الكبار " ما بعد الحضارة الكربونية "، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة.
4. العيسوي، إبراهيم (2003)، التنمية في عالم متغير، دار الشروق، القاهرة.
5. زكى، رمزى (1978)، أزمة الديون الخارجية: رؤية من العالم الثالث، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة.
6. عياش، سعود يوسف (1981)، تكنولوجيا الطاقة البديلة، سلسلة عالم المعرفة، عدد رقم 38، المجلس الوطنى للثقافة والفنون والآداب، الكويت.
7. كامبيل وآخرون (2004)، نهاية عصر البترول: التدابير الضرورية لمواجهة المستقبل، ترجمة عدنان عباس على، سلسلة عالم المعرفة، المجلس الوطنى للفنون والآداب، عدد رقم 307، الكويت.

ثانياً: المقالات والدوريات.

8. الخياط، محمد مصطفي & محمود، ماجد كرم الدين (2009)، سياسات الطاقة المتجددة إقليمياً وعالمياً، غير معروف جهة النشر.
9. الخياط، محمد مصطفي (2006)، الطاقة : مصادرها- أنواعها - استخداماتها، غير معروف جهة النشر.
10. العرادى، على عبدالله (2012)، ملف حول الطاقة المستدامة " المتجددة " .. دراسات وقوانين، قسم البحوث والدراسات، مجلس الشورى، القاهرة.
11. الغيطانى، ابراهيم & عبدالغنى، أمانى (2012)، آفاق الطاقة المتجددة في مصر: فرص الخروج من شبح نضوب الطاقة، مركز المصري للدراسات والمعلومات، القاهرة.
12. الفياض، موسى& أبو رمان، عبير (2010)، الوقود الحيوي: الآفاق والمخاطر والفرص، المركز الوطنى للبحث والإرشاد الزراعي، الأردن.

13. النقراشى، هانى وآخرون (2009)، مستقبل الطاقات البديلة في مصر، مركز الدراسات المستقبلية، مركز المعلومات ودعم اتخاذ القرار، مجلس الوزراء المصري.
14. أمينة، مخلفي (2011)، النفط والطاقات البديلة المتجددة وغير المتجددة، مجلة الباحث، جامعة ورقلة، الجزائر.
15. جاسر، خالد (2015)، الفرص الضائعة في استغلال الطاقة الشمسية في مصر، المركز المصري للحقوق الإقتصادية والإجتماعية، القاهرة.
16. جلال، دينا (2013)، إنتاج الوقود الحيوي في إطار الاقتصاد العالمي مع إشارة خاصة بالحالة المصرية، مجلة بحوث اقتصادية عربية، عدد 63-64، الجمعية العربية للبحوث الإقتصادية، بيروت.
17. جوادى، نور الدين & عزاوى، عمر (2014)، الأمن الغذائي واقتصاديات الطاقة الحيوية في ظل الاحتباس التجاري في السوق العالمية: دراسة الإستراتيجة الدولية للفترة ما بين عامي 2000 إلى 2030، عدد رقم 2014/14، مجلة الباحث، الجزائر.
18. حدة، فروحات (2012)، الطاقات المتجددة كمدخل لتحقيق التنمية المستدامة في الجزائر، بحث منشور، مجلة الباحث، كلية العلوم الإقتصادية والتجارية وعلوم التسيير بجامعة قاصدي مرباح، ورقلة، الجزائر.
19. حسين وآخرون (2016)، تكلفة الكهرباء من تكنولوجيات الطاقة المتجددة في مصر، معهد فرانهوفر لأنظمة الطاقة الشمسية، ألمانيا.
20. راشد، بثينة (2011)، التصنيع المحلي لمعدات إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، الإمكانات والآفاق بالمنطقة العربية، بحث مقدم خلال ندوة حول " الصناعات الخضراء ودورها في تعزيز التنمية الاقتصادية والاجتماعية في الدول العربية، الإسكوا، بيروت ، لبنان، (28- 30) سبتمبر/ أيلول.
21. عبدالله، حسين (2010)، التحديات والمخاطر المحيطة بالبترول والغاز في مصر والشرق الأوسط، سلسلة كراسات مصرية، المكتبة الأكاديمية، القاهرة.
22. عيسى، رضا (2015)، دعم الطاقة لغير المستحقين - استمرار دعم الصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة: استنزاف للموارد ومحاباة الأغنياء، وحدة العدالة الإقتصادية والإجتماعية، المبادرة المصرية للحقوق الشخصية (منظمة حقوقية)، القاهرة.
23. مركز الإنتاج الإعلامي (2007)، دور مؤسسات التعليم العالي في نقل التقنية وتوطينها، سلسلة دراسات نحو مجتمع المعرفة، الإصدار (21)، جامعة الملك عبدالعزيز، السعودية.

24. مركز الدراسات والبحوث(2010)، اقتصاديات الطاقة الشمسية في المملكة العربية السعودية، الغرفة التجارية الصناعية للمنطقة الشرقية، الدمام.
25. معهد التخطيط القومي (2007)، سياسات إدارة الطاقة في مصر في ظل المتغيرات المحلية والإقليمية والعالمية، سلسلة قضايا التخطيط والتنمية، رقم (202)، القاهرة.
26. معهد التخطيط القومي (2011)، آفاق النمو الاقتصادي في مصر بعد الأزمة المالية والاقتصادية العالمية، سلسلة قضايا التخطيط والتنمية، رقم (226)، معهد التخطيط القومي، القاهرة.
27. معهد التخطيط القومي (2011)، نحو مزيج أمثل للطاقة في مصر، سلسلة قضايا التخطيط والتنمية، رقم (227)، القاهرة.
28. معهد التخطيط القومي (2015)، إطار لرؤية مستقبلية لاستخدام الطاقة الجديدة والمتجددة، سلسلة قضايا التخطيط والتنمية، رقم (261)، القاهرة.
29. معهد التخطيط القومي (2016)، الطاقة المتجددة بين نتائج وابتكارات البحث العلمي والتطبيق الميدانى في الريف المصري، سلسلة قضايا التخطيط والتنمية، رقم (264)، القاهرة.
30. يونس، محمد (2017)، خريطة الطاقة المتجددة في مصر 2016، مؤسسة فريدريش ايبرت (مكتب مصر)، القاهرة.

ثالثاً: التقارير والنشرات.

31. الجهاز المركزى للتعبئة العامة والإحصاء (2017)، مصر في أرقام، تقرير إحصائى سنوي، القاهرة.
32. الشركة القابضة لكهرباء مصر (2013)، تقرير سنوي للعام المالي 2013/2012، وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة، القاهرة.
33. الشركة القابضة لكهرباء مصر (2015)، تقرير سنوي عن العام المالي 2015/2014، وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة، القاهرة.
34. اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربى آسيا "إسكوا" (2012)، دور الطاقة المتجددة في الحد من تغير المناخ في منطقة الإسكوا، الأمم المتحدة، نيويورك.
35. اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربى آسيا (2001)، تطبيق مؤشرات التنمية المستدامة في بلدان الإسكوا: تحليل النتائج، نيويورك، الولايات المتحدة الأمريكية.

36. اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربى آسيا (2004)، الطاقة لأغراض التنمية المستدامة في المنطقة العربية: إطار عمل، تقرير لجنة الطاقة عن الدورة الخامسة، المكتب الإقليمي لغربي آسيا.
37. جهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك (2014)، تعريفة التغذية للطاقة المتجددة في مصر، وزارة الكهرباء، القاهرة.
38. جهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك (2017)، كتاب دورى رقم 1 لسنة 2017 بشأن تعديل الكتاب الدورى رقم 1 لسنة 2013 الخاص بالقواعد التنظيمية لتشجيع تبادل واستخدام الطاقة الكهربائية المنتجة من الطاقة الشمسية، وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة، القاهرة.
39. سامبورسكى وآخرون (2013)، المؤشر العربى لطاقة المستقبل، المركز الإقليمى للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة (RCREEE)، القاهرة.
40. مركز المعلومات ودعم اتخاذ القرار (2012)، مشكلة المخلفات في مصر: الواقع والحلول الممكنة، سلسلة تقارير معلوماتية، السنة السادسة، عدد 64، مجلس الوزراء، القاهرة.
41. مركز تحديث الصناعة (2006)، قطاع الطاقة المتجددة في جمهورية مصر العربية، التقرير النهائي، مشروع رقم (IMC/PS 217)، القاهرة.
42. هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة (2008)، التقرير السنوي للعام المالي 2008/2007، وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة، القاهرة.
43. هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة (2011)، التقرير السنوي للعام المالي 2011/2010، وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة، القاهرة.
44. هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة (2015)، التقرير السنوي للعام المالي 2015/2014، وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة، القاهرة.
45. وزارة البيئة (2017)، تقرير حالة البيئة في مصر لعام 2015، تقرير سنوي، القاهرة.
46. وزارة التخطيط والمتابعة والإصلاح الإداري (2016)، تقرير متابعة الآداء الإقتصادي والإجتماعي، القاهرة.
47. وزارة المالية (2010)، البيان الختامى لمشروع الموزانة العامة للدولة لعام 2010/2009، القاهرة.
48. وزارة المالية (2015)، البيان الختامى لمشروع الموزانة العامة للدولة لعام 2015/2014، القاهرة.

رابعاً: الرسائل الجامعية.

49. حسن، خلود (2004)، اقتصاديات الطاقة الجديدة والمتجددة وإمكانية استثمارها في مصر، رسالة ماجستيرغير منشورة، كلية التجارة، جامعة عين شمس.
50. حلام، زواوية (2013)، دور اقتصاديات الطاقة المتجددة في تحقيق التنمية الإقتصادية المستدامة في الدول المغاربية، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة فرحات عباس، سطيف، الجزائر.
51. عمر، خالد (2012)، اقتصاديات الطاقة الشمسية في مصر: دراسة مقارنة ودراسة قياسية، رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية التجارة، جامعة عين شمس.

مراجع اللغة الأجنبية.

1. Abolhosseini, S. and Heshmati, A. (2014), **The Main Support Mechanisms to Finance Renewable Energy Development**, Institute for the Study of Labour, IZA Discussion Papers, No. 8182.
2. Aboueinein, S. (2009), **The Impact of Phasing out Subsidies of Petroleum Energy Products in Egypt**, The Egyptian Center for Economic Studies, Working paper no. 145, Cairo.
3. Adelle, C. and Marc, P. (2009), **Sustainable Development Indicators: An Overview of Relevant Framework Programme Funded Research and Identification of Further Needs in View of EU and International Activities**, European Research Area, The European Commission, Brussels, Belgium.
4. Ahmed, W., et al (2013), **Economic Growth and Energy Consumption Nexus in Pakistan**, South Asian Journal of Global Business Research, 2 (2).
5. Al-Reffai, P. et al (2015), **Harnessing The Sun and Wind for Economic Development? An Economy-Wide Assessment for Egypt**, Research Article, Sustainability, Volume 7, Issue 6, Elsevier.

6. Amin & Mithila (2017), **The Importance of Using Solar Water Heater as an Alternative Eco-Friendly Technology in Global Market: Some Lessons of Experiences for Bangladesh Economy**, United States Association for Energy Economics, USAEE Working Paper No. 17-299.
7. Ayres, M. et al (2004), **Levelized Unit Electricity Cost Comparison of Alternate Technologies for Baseload Generation in Ontario**, Canadian Energy Research Institute, Canadian Nuclear Association, Canada.
8. Azad et al (2015), **Prospect of Biofuels as an Alternative Transport Fuel in Australia**, Renewable and Sustainable Energy Reviews, volume 43, Eelsevier.
9. Banafea, A. (2014), **Structural Breaks and Causality Relationship Between Economic Growth and Energy Consumption in Saudi Arabia**, International Journal of Energy Economics and Policy, 4 (4).
10. Bekhet, H. A., Othman, N. S. (2011), **Causality Analysis among Electricity Consumption, Consumer Expenditure, Gross Domestic Product (GDP) and Foreign Direct Investment (FDI): Case Study of Malaysia**, Journal of Economics and International Finance, 3 (4).
11. Bertsch, V. et al (2016), **Public Acceptance and Preferences Related to Renewable Energy and Grid Expansion Policy: Empirical Insights for Germany**, Energy, volume 114, Elsevier.
12. Blanco, G. et al (2016), **Outcomes of The Clean Development Mechanism in Argentina**, American Journal of Climate Change, volume 5, Scientific Research Publishing.
13. BP (2016), **Statistical Review of World Energy**, Bp stats, London, UK.
14. Branker, K. et al (2011), **A Review of Solar Photovoltaic Levelized Cost of Electricity**, Renewable and Sustainable Energy Reviews, volume 15, Elsevier.

15. Bridle, R. and Kitson, L. (2014), **The Impact of Fossil-Fuel Subsidies on Renewable Electricity Generation**, The International Institute for Sustainable Development, Canada.
16. Carol & Stefes (2016), **Germany's Energy Transition: A Comparative Perspective**, "Palgrave Macmillan", UK.
17. del Rı´o, P. & Burguillo, M. (2008), **Assessing The Impact of Renewable Energy Deployment on Local Sustainability: Towards A Theoretical Framework**, Renewable and Sustainable Energy Reviews, volume 12, Elsevier.
18. Economic Commission for Africa "ECA" (2003), **Sustainable Development Report on Africa: Managing Land-Based Resources for Sustainable Development**, United Nations, Addis Ababa, Ethiopia.
19. Edenhofer , O. et al (2012), **Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)**, Cambridge University Press, USA.
20. Elfeki, M. and Tkadlec, E. (2015), **Treatment of Municipal Organic Solid Waste in Egypt**, Journal of Materials and Environmental Science, volume 6, No. (3).
21. Federal Ministry for Economic Affairs and Energy "BMWi" (2014), **Report of The Federal Government on Energy Research: Research Funding for The Energiewende**, Public Relations, Berlin.
22. BMWi (2016), **Renewable Energy in Figures: 2015**, Public Relations, Berlin.
23. Frankfurt School-UNEP Centre (2016), **Global Trends in Renewable Energy Investment**, Frankfurt School of Finance & Management, UNEP, Germany.

24. Graichen (2015), **Insights from Germany's Energiewende: State of Affairs, Trends and Challenges**, Agora Energiewende, Berlin.
25. Hall, S. et al (2016), **Financing The Civic Energy Sector: How Financial Institutions Affect Ownership Models in Germany and The United Kingdom**, Energy Research & Social Science, Volume 12, Elsevier.
26. He, J. et al (2014), **Has The Clean Development Mechanism Assisted Sustainable Development? ,** Natural Resources Forum, Volume 38, John Wiley & Sons Ltd, USA.
27. Herzog, A. V. et al (2001), **Renewable Energy Sources, Energy and Resources Group**, Renewable and Appropriate Energy Laboratory (RAEL), University of California, Berkeley, USA.
28. Honghang, S. et al (2014), **China's Solar Photovoltaic Industry Development: The Status Quo, Problems and Approaches**, Applied Energy, Volume 118, Elsevier.
29. Hu, Z. et al (2013), **Review of wWind Power Tariff Policies in China**, Energy Policy, Volume 53, Elsevier.
30. Huenteler, J. et al (2014), **The Effect of Local and Global Learning on The Cost of Renewable Energy in Developing Countries**, Journal of Cleaner Production, research article , Elsevier.
31. Hwang, J. H., Yoo, S. H. (2014), **Energy Consumption, CO2 Emissions, and Economic Growth: Evidence from Indonesia**, Qual Quant, 48.
32. Ibrahim, A. (2012), **Renewable Energy Sources in The Egyptian Electricity Market: A review**, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16 (1).

33. Ibrahim, D. (2015), **Renewable Electricity Consumption, Foreign Direct Investment and Economic Growth in Egypt: An ARDL Approach**, Procedia Economics and Finance, Volume 30, Elsevier.
34. Iea (2016), **Co_2 Emissions from Fuel Combustion, *Highlights* (2016 Edition)**, Paris, France.
35. IMF (2015), **How Large Are Global Energy Subsidies**, IMF Working Paper, Fiscal Affairs Department, WP/15/105, Washington, United States.
36. Irena (2013), **30 Years of Policies for Wind Energy: Lessons from 12 markets**, International Renewable Energy Agency (IRENA), Abu Dhabi.
37. Irena (2013), **Road Transport: The Cost of Renewable Solutions**, An Internal Irena Review, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, United Arab Emirates.
38. Irena (2014), **Renewable Energy Prospects: China, Remap 2030 Analysis**, International Renewable Energy Agency (IRENA), Abu Dhabi.
39. Irena (2015), **Renewable Energy Prospects: Germany: REmap 2030 analysis**, International Renewable Energy Agency (IRENA), Abu Dhabi.
40. Irena (2016), **Renewable Energy Benefits Decentralized Solutions in The Agri- food Chain**, The International Renewable Energy agency, Abu Dhabi.
41. Isik, C. (2010), **Natural Gas Consumption and Economic Growth in Turkey: A Bound Test Approach**, Energy Systems, volume 1.
42. ISPRE (2009), **Research and Development on Renewable Energies: A Global Report on Photovoltaic and Wind Energy**, International Science Panel on Renewable Energies, Paris, France.
43. Jager, D. et al (2011), **Financing Renewable Energy in the European Energy Market**, final Report, Directorate – General for Energy (DG Energy), European commission, Etterbeek, Belgium.

44. Jochen, D. et al (2016), **Social Impacts of Renewable Energy in Germany: Size, History and Alleviation**, GWS Discussion Paper, No. 2016/07.
45. Jurgen, B. et al (2014), **Economic Effects of Renewable Energy Expansion: A Model-Based Analysis for Germany**, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 40, Elsevier.
46. Kargi, B. (2014), **Electricity Consumption and Economic Growth: A Long-Term Co-integrated Analysis for Turkey**, International Journal of Economics and Finance, 6 (4).
47. Khattab, A. (2007), **The Impact of Reducing Energy Subsidies on Energy Intensive Industries in Egypt**, Working paper no.124, The Egyptian center for economic studies, Cairo.
48. Lehr, U. et al (2008), **Renewable Energy and Employment in Germany**, Energy policy, Volume 36, Elsevier.
49. Lehr, U. et al (2012), **Green jobs? Economic Impacts of Renewable Energy in Germany**, Energy Policy Journal, Volume 47, Elsevier.
50. Lema, A. and Lema, R. (2012), **Technology Transfer in The Clean Development Mechanism: Insights from Wind Power**, Global Environmental Change, volume 23, No. 1, PP (301-313), Elsevier.
51. Li, z. et al (2016), **Informing Choices for Meeting China's Energy Challenges**, Springer.
52. Lo, K. (2014) **A Critical Review of China's Rapidly Developing Renewable Energy and Energy Efficiency Policies**, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Elsevier.
53. Mansour, A. et al (2009), **Infrastructure Investments in Renewable Energy**, BREEF Research, San Francisco, USA.

54. Mazzucato, M. and Semieniuk, G. (2017), **Financing Renewable Energy: Who is Financing What and Why it Matters**, The Journal of Technological Forecasting & Social Change, Elsevier.
55. Mckenzie, S. (2004**), Social sustainability: Towards Some Definitions**, Working Paper Series, Hawke Research Institute, University of South Australia, Magill, South Australia.
56. Mensah, A. M. and Castro, L. C. (2004), **Sustainable Resource Use & Sustainable Development: A contradiction**, Center for Development Research, University of Bonn, Germany.
57. Mika, J and Farkas, A. (2017), **On Synergies and Conflicts Between The Sustainable Development Goals (2016-2030) and Renewable Energy Sources for Education of and by Sustainability**, Problems of Education in the 21st Century, Vol. 75, No. 2, Scientia Socialis Publishing.
58. Ming, Z. et al (2014), **Review of Renewable Energy Investment and Financing in China: Status, Mode, Issues and Countermeasures**, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Elsevier.
59. Muller, S. et al (2011), **Renewable Energy: Policy Consideration for Deploying Renewables**, Information paper, IEA, Paris, France.
60. Nasirov, S. et al (2015), **Investor's Perspectives on Barriers to The Deployment of Renewable Energy Sources in Chile**, Article, Energies Journal, 8(5).
61. National Board of Trade (2015), **Preventing Global Value Chains in Renewable Energy: The Use of Non-Preferential Rules of Origin as An Indirect Trade Policy Instrument in The EU**, First Edition. ISBN: 978-91-88201-05-8, Sweden.

62. Nejat, P. et al (2015), **A Global Review of Energy Consumption, Co_2 Emissions and Policy in The Residential Sector (with An Overview of The Top Ten Co_2 Emitting Countries)**, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 43, Elsevier.
63. Noord, M. et al (2004), **Energy research Centre of The Netherlands (ECN)**, Petten, Netherlands.
64. Nordensvard, J. and Urban, F. (2015), **The Stuttering Energy Transition in Germany: Wind Energy Policy and Feed-in Tariff Lock-in**, Energy Policy, Volume 82, Elsevier.
65. Nuclear Energy agency "NEA" (2000), **Nuclear Energy in a Sustainable Development Perspective**, OECD, Paris.
66. Oji, C. et al (2016), **Financing Renewable Energy Projects for Sustainable Economic Development in Africa**, Energy Procedia, Volume 93, Elsevier.
67. Olivier et al (2016), **Trends in Global Co_2 Emissions: 2016 Report**, PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, Netherlands.
68. Ottinger, R. L. and Bowie, J. (2014), **Innovative Financing for Renewable Energy**, Pace Law Faculty Publications, Paper 976, School of Law, Pace University, NY, USA.
69. Owen , A. D. et al (2006), **Renewable Energy: Externality Costs as Market Barriers, Research Article**, Energy Policy, volume 34, Elsevier.
70. Pao, H. T. and Fu, H. C. (2013), **Renewable Energy, Non-Renewable Energy and Economic Growth in Brazil**, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 25.
71. Pedraza, J. M. (2015), **Electrical Energy Generation in Europe: The Current Situation and Perspectives in The Use of Renewable Energy**

Sources and Nuclear Power for Regional Electricity Generation, Springer International Publishing, Switzerland.

72. Peltier (2017), **Green Rersus Brown: Comparing The Employment Impacts of Energy Efficiency**, **Renewable Energy, and Fossil Fuels Using An Input-Output Model**, Economic Modelling Journal, Volume 61, Elsevier.
73. Qiu, H. (2012), **Liquid Biofuels in China: Current Status, Government Policies، and Future Opportunities and Challenges**, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Elsevier.
74. Ramos J. and Bashiri, N. (2013), **Renewable Energy and Sustainable Development**, Applied Economic Research, VOL 31, International Association of Applied Economics, University of Cambridge.
75. Reijnders, L. and. Huijbregts, M. (2009), **Biofuels for Road Transport: A Seed to Wheel Perspective**, Springer International Publishing, London.
76. REN21 (2016), **Renewables 2016**: Global Status Report, Renewable Energy Policy Network for The 21st Century, Paris.
77. Rodríguez, M. C. et al. (2014), **Inducing Private Finance for Renewable Energy Projects: Evidence from Micro-Data**, OECD Environment Working Papers, No. 67, OECD Publishing.
78. Saidur, R. et al (2010), **A Review on Global Wind Energy Policy**, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 14, Elsevier.
79. Schmalensee (2011), **Evaluating Policies to Increase Electricity Generation from Renewable Energy**, Review of Environmental Economics and Policy, Volume 6, Issue 1.
80. Schwerhoff, G. and Sy, M. (2017), **Financing Renewable Energy in Africa - Key Challenge of The Sustainable Development Goals**, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 75, Elsevier.

81. Selim, H. (2009), **on The Economic Feasibility of Nuclear Power Generation in Egypt**, Working Paper No.143, The Egyptian Center for Economic Studies, Cairo.
82. Sims, R. et al (2003), **Carbon Emission and Mitigation Cost Comparisons Between Fossil Fuel, Nuclear and Renewable Energy Resources for Electricity Generation**, Research Article, Energy Policy, Volume 31, Elsevier.
83. Soliman, W. and He, X. (2015), **The Potentials of Jatropha Plantations in Egypt: A Review**, Modern Economy, Volume (6).
84. Soytas, U. and Sari, R. (2003), **Energy Consumption and GDP: Causality Relationship in G7 Countries and Emerging Markets**, Energy Economics, 25.
85. Soytas, U. et al (2001), **Energy Consumption and GDP Relations in Turkey: A Cointegration and Vector Error Correction Analysis**, Economies and Business in Transition: Facilitating Competitiveness and Change in the Global Environment Proceedings, 838-844: Global Business and Technology Association.
86. Sun, P. and Nie, P. (2015), **A Comparative Study of Feed-in Tariff and Renewable Portfolio Standard Policy in Renewable Energy Industry**, Renewable Energy, Volume 74, Elsevier.
87. Tang, C. (2009), **Electricity Consumption, Income, Foreign Direct Investment, and Population in Malaysia: New Evidence from Multivariate Framework Analysis**, Journal of Economic Studies, 36 (4).
88. The Climate Group (2015), **China's Fast Track to A Renewable Future: China Analysis**, RE100 papers. London, UK.

89. The Natural Resources Defense Council "NRDC" (2013), **The Economic Benefits of Non –Conventional Renewable Energy in Chile**, Issue brief, USA.
90. Timmons et al (2014), **The Economics of Renewable Energy**, Global Development and Environment Institute, Tufts University, Medford, Massachusetts, USA.
91. Tiwari, A. K. (2014), **The Asymmetric Granger-Causality Analysis Between Energy Consumption and Income in The United States**, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 36.
92. Tyl, B. and Lizarralde, I. (2017), **The Citizen Funding: An Alternative to Finance Renewable Energy Projects**, Procedia CIRP, volume 64, Elsevier.
93. United Nations (2008), **Measuring Sustainable Development**, Report of the Joint UNECE/OECD/Eurostat Working Group on Statistics for Sustainable Development, New York, USA.
94. Urban et al (2016), **Solar PV and Solar Water Heaters in China: Different Pathways to Low Carbon Energy**, Renewable and Sustainable Energy Reviews,Volume 64, Elsevier.
95. Wang, H. (2015), **Emissions Trading in China: An Opportunity for Renewable Energy**, The International Institute for Sustainable Development (IISD), Canada.
96. World Energy Council (2014), **Time to Get Real – The Myths and Realities of Financing Energy Systems**, World Energy Trilemma, London, United Kingdom.
97. Ye, L. et al (2017), **Analysis of Feed-in Tariff Policies for Solar Photovoltaic in China 2011–2016**, Applied Energy, Volume 203, Elsevier.

98. Yildirim, E. et al (2012), **Energy Consumption and Economic Growth in The USA: Evidence from Renewable Energy**, Renewable and Sustainable Energy Review, 16 (9).
99. Yildiz, O. (2014), **Financing Renewable Energy Infrastructures Via Financial Citizen Participation: The Case of Germany**, Research Article, Renewable Energy, Volume 68, Elsevier.
100. Yuanyuan, L. (2016), **China Announces New Renewable Energy Tariff Surcharge Subsidy Catalogue**, Renewable Energy World Magazine.
101. Websites:
- www.irena.org الوكالة الدولية للطاقة المتجددة
- www.iea.org وكالة الطاقة الدولية
- www.nrea.gov.eg/ هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة
- www.egyptera.org/ جهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك
- www.eehc.gov.eg/ الشركة القابضة لكهرباء مصر
- www.unep.org موقع برنامج الأمم المتحدة للبيئة
- www.eia.gov موقع إدارة معلومات الطاقة الأمريكية
- http://www.cbe.org.eg/ar/ موقع البنك المركزي المصري

ملاحق الدراسة

ملاحق الدراسة:

جدول (أ): تطور استهلاك الطاقة الأولية عالمياً وفق مصادرها خلال الفترة (2005-2015)
بـ (مليون طن مكافئ نفط)

السنة	النفط	الغاز الطبيعي	الفحم	مجموع الوقود الأحفوري	الطاقة النووية	الطاقة الكهرومائية	الطاقة المتجددة الأخرى*	مجموع الطاقة المتجددة
2005	3933,9	2504,5	3130,6	10940	626,4	661,4	83,2	744,6
2006	3977,2	2579,4	3292,2	11267,8	635,0	690,2	93,9	784,1
2007	4032,3	2679,8	3476,0	11617,3	621,8	699,7	107,8	807,5
2008	4018,1	2753,7	3523,9	11780,8	619,8	741,4	123,9	865,3
2009	3948,7	2680,2	3473,6	11598,5	613,9	737,9	144,2	882,1
2010	4079,9	2886,7	3634,3	12181,4	626,3	784,2	169,9	954,1
2011	4121,6	2929,3	3800,0	12450,4	600,4	795,5	203,6	963,1
2012	4168,6	3005,8	3814,4	12622,1	559,3	735,6	238,5	974,1
2013	4209,9	3062,5	3890,7	12873,1	564,0	864,8	281,1	1145,9
2014	4251,6	3081,5	3911,2	13020,6	575,5	884,3	316,6	1200,9
2015	4331,3	3135,2	3839,9	13147,3	583,1	892,9	364,9	1257,8

المصدر: إعداد الباحث بالإستعانة ببيانات تقرير (BP, 2016: 8-38).

*الطاقة المتجددة الأخرى لا تشتمل على الطاقة الكهرومائية الكبيرة والوقود الحيوي لضعف نسبة مساهمته.

جدول (ب): تطور هيكل استهلاك الطاقة الأولية عالمياً وفق مصادرها خلال الفترة (2005-2015)

السنة	النفط	الغاز الطبيعي	الفحم	مجموع الوقود الأحفوري	الطاقة النووية	الطاقة الكهرومائية	الطاقة المتجددة الأخرى*	مجموع الطاقة المتجددة
2005	%35,96	%22,90	%28,62	%87,48	%5,73	%6,04	%0,76	%6,80
2006	%35,30	%22,89	%29,22	%87,41	%5,64	%6,13	%0,83	%6,96
2007	%34,71	%23,07	%29,92	%87,70	%5,35	%6,02	%0,93	%6,95
2008	%34,12	%23,37	%29,91	%87,40	%5,26	%6,29	%1,05	%7,34
2009	%34,04	%23,12	%29,95	%87,12	%5,29	%6,36	%1,24	%7,60
2010	%33,49	%23,70	%29,83	%87,02	%5,14	%6,44	%1,39	%7,83
2011	%33,10	%23,53	%30,52	%87,15	%4,82	%6,39	%1,64	%8,03
2012	%33,03	%23,81	%30,22	%87,06	%4,43	%5,83	%1,89	%7,72
2013	%32,70	%23,79	%30,22	%86,71	%4,38	%6,72	%2,18	%8,90
2014	%32,65	%23,67	%30,04	%86,36	%4,42	%6,79	%2,43	%9,22
2015	%32,94	%23,84	%29,71	%85,98	%4,44	%6,79	%2,78	%9,57

المصدر: إعداد الباحث.

*الطاقة المتجددة الأخرى لا تشتمل على الطاقة الكهرومائية الكبيرة والوقود الحيوي لضعف نسبة مساهمته.

Faculty of commerce
Banha university

The economic dimensions of renewable energy uses in Egypt in the light of some international experiences

Master Thesis in Economics

by

Ahmed Elsayed Abdallah Baiomy Eltnany

Teaching Assistant, Department of Economics, Faculty of Commerce, Benha University

Supervision

Dr/ Ahmed Abd el-rahim Zordok

Professor of Economics,
Department of Economics, Faculty of Commerce, Banha University

Dr/ Mohamed Ibrahim Awad

Lecturer,
Department of Economics

Dr/ Amira Akl Ahmed

Lecturer,
Department of Economics

2018

Abstract

The objective of the study is to analyze the current structure of the traditional energy production, consumption, and policies linked to it in Egypt, with the aim to highlight reasons behind the increasing dependence on renewable energy and to identify the challenges that impede its production. The study analyzes and compares renewable energy costs, policies, sources of finance, and economic consequence of using it in Germany, China and Egypt. Conclusions reached include the following:

1. The cost of producing electricity from renewable energy in Egypt is considered to be high. This could be attributed to the high proportion of the foreign component, lack of funds allocated to research devoted to developing appropriate local technology of producing renewable energy, lack of foreign exchange resources required to import technology, the high cost of access to finance, and the absence of a strong regulatory framework to attract foreign investment in the field of renewable energy.
2. Egypt completely depends upon the policy of competitive tenders, with advantage of achieving the lowest costs, in financing renewable energy investments. Nonetheless, this policy has led to a remarkable slowdown in the growth of the renewable energy sector. The division of renewable energy capacity to many packages, each requires a separated tender that takes long years of arrangements and complicated procedures. On the other hand, Germany and China have achieved significant growth in the installed capacity of renewable energy sector and diversified financial and ownership structures by adopting a feed-in-tariff scheme. The Egyptian government is the sole owner of installed capacity of renewable energy and, thus, it depended solely on international grants and international, concessional loans.
3. Number of job opportunities generated by renewable energy investments is determined by the size of these investments and the target market. Targeting the domestic market, with the aim of achieving energy security, creates few job opportunities. In contrast, targeting international markets, with the aim of participation in the global renewable energy value chain, provides more jobs.
4. The capital-intensive oil sector creates fewer job opportunities compared to the renewable energy sector which provides more jobs during the construction, installation, operation and maintenance phases throughout the life of the project. The Egyptian government prefers to invest in wind energy because of its low cost of electricity production, despite its low capacity in job creation compared to photovoltaic power and concentrated solar energy technologies.