معهد التخطيط القومى

سلسلة قضايا التخطيط والتنمية

رقم (261)

إطار لرؤية مستقبلية لاستخدام مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة

الباحث الرئيسى

أ.د. نيفين كمال

أغسطس 2015

جمهورية مصر العربية – طريق صلاح سالم – مدينة نصر – القاهرة – مكتب بريد رقم 11765

A.R.E Salah Salem St. Nasr City , Cairo P.O.Box : 11765

إطار لرؤية مستقبلية
لاستخدام مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة
فى مصر

المحتويات

الموضوع	رقم الصفحة
المقدمة	1
فصل تمهيدى: إطار مرجعى لمفاهيم ودراسات الطاقة	3
مقدمة	4
أولاً: بعض المفاهيم الأساسية للطاقة	4
ثانياً: مراجعة لبعض دراسات الطاقة افى مصر	8
الفصل الأول : الوضع الحالى للطاقة فى مصر وقابليته للاستدامة	25
مقدمة	26
أولاً: الطاقة الأولية فى مصر	27
ثانياً: إنتاج واستهلاك الكهرباء	36
الفصل الثانى : مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة ومحددات استخدامها فى مصر	42
مقدمة	43
أولاً : طاقة الرياح	43
ثانياً : الطاقة الشمسية	49
ثالثاً : طاقة المخلفات	56
رابعاً : الطاقة النووية	72
خامساً: تكلفة إنتاج وحدة الطاقة من المصادر المختلفة	75
الفصل الثالث : سياسات تحفيز إنتاج واستخدام الطاقة الجديدة والمتجددة	78
مقدمة	79
أولاً: سياسات تحفيز إنتاج واستخدام الطاقة الجديدة والمتجددة فى مصر	79
ثانياً: سياسات تحفيز إنتاج واستخدام الطاقة الجديدة والمتجددة فى التجارب الدولية	84
الفصل الرابع : الأدوات الكمية ونماذج الطاقة المستخدمة فى تحديد المزيج الأمثل للطاقة	98
مقدمة	99

الموضوع	رقم الصفحة
أولاً: الخصائص العامة ومعايير المقارنة لنماذج الطاقة العالمية	101
ثانياً: نماذج الطلب على الطاقة	106
ثالثاً: نماذج عرض الطاقة	108
رابعاً: نماذج منظومة الطاقة	111
الخلاصة والنتائج	128
المراجع	139
الملاحق	145

قائمة الجداول

رقم الجدول	عنوان الجدول	رقم الصفحة
1-2	المشروعات المستقبلية لطاقة الرياح وتكلفتها الاستثمارية	45
2-2	المشروعات المستقبلية للطاقة الشمسية فى مصر	52
3-2	كمية المخلفات الصلبة فى مصر	58
4-2	أنواع المخلفات وفرص استخدامها كمصدر للطاقة فى مصر	68
1-4	مقارنة للسمات العامة لنماذج الطاقة العالمية	104
2-4	عائلة نماذج MARKAL	117
3-4	نبذة مختصرة عن النماذج الفرعية المكونة لنموذج ENPEP	124

قائمة الأشكال البيانية

رقم الشكل	عنوان الشكل	رقم الصفحة
1-1	هيكل إنتاج الطاقة الأولية فى مصر والعالم	28
2-1	تطور الإنتاج المحلى من البترول الخام والمنتجات البترولية والاستهلاك المحلى من المنتجات البترولية خلال الفترة(2000 /2001-2012/2013)	29
3-1	تطور إنتاج واستهلاك الغاز الطبيعى خلال الفترة (2000/2001-2012/2013)	30
4-1	تقسيم حصة الإنتاج بين الهيئة المصرية العامة للبترول والشريك الأجنبى خلال الفترة (2010/2011-2012/2013)	31
5-1	تطور استهلاك المنتجات البترولية خلال الفترة (2010/2011-2012/2013)	32
6-1	هيكل استهلاك المنتجات البترولية فى عام 2012/2013	32
7-1	التوزيع القطاعى لاستهلاك المنتجات البترولية فى عام 2010/2011	33
8-1	التوزيع القطاعى لاستهلاك الغاز الطبيعى فى عام 2009/2010	34
9-1	تطور الإحتياطى المؤكد من الزيت الخام والمتكثفات والغاز الطبيعى خلال الفترة (2000/2001-2011/2012)	35
10-1	تطور إنتاج واستهلاك الكهرباء خلال الفترة (2009/2010-2012/2013)	37
11-1	التوزيع القطاعى لاستهلاك الكهرباء خلال الفترة (2010/2011-2012/2013)	38
12-1	تطور استخدام الوقود الأحفورى والطاقة الجديدة والمتجددة فى توليد الكهرباء خلال الفترة (2010/2011-2012/2013)	39
13-1	هيكل توليد الكهرباء فى مصر والعالم	39

رقم الشكل	عنوان الشكل	رقم الصفحة
1-4	الإطار العام للتحليل المستخدم فى إسقاط الطلب على الطاقة باستخدام نموذج MAED	109
2-4	مرجعية نظام الطاقة RES بشكل مبسط	110
3-4	مرجعية نظام الطاقة لنموذج MESSAGE	110
4-4	المدخلات و المخرجات لنموذج WASP	111
5-4	مكونات منظومة الطاقة	112
6-4	العناصر الرئيسية لنموذج MARKAL	114
7-4	هيكل نموذج MARKAL	115
8-4	هيكل نموذج LEAP و تتابع العمليات الحسابية فيه	119
9-4	مثال لشجرة توضح نمذجة الطلب على الطاقة	120
10-4	مكونات نموذج ENPEP	123
11-4	شبكة للعرض والطلب على الطاقة حسب القطاعات	125
12-4	مثال لشبكة طاقة بسيطة	125

موجز بحث

إطار لرؤية مستقبلية لاستخدام مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة فى مصر

الهدف الأساسى لهذا البحث هو دراسة المصادر المختلفة للطاقة الجديدة والمتجددة المتاحة فى مصر، وكيفية الاستفادة بها فى الوقت الحاضر، وفرص وإمكانيات تعظيم الاستفادة منها مستقبلاً. ومن أجل تحقيق هدف البحث تم مراجعة الدراسات السابقة فى مجال الطاقة الجديدة والمتجددة فى مصر ونتائجها، وعرض ومناقشة الوضع الحالى لإنتاج واستهلاك الطاقة فى مصر وما يواجهه من تحديات، وكذلك دراسة الوضع الحالى والإمكانيات المتاحة لإنتاج واستخدام الطاقة من المصادر الجديدة والمتجددة فى مصر. كما تم أيضاً عرض ومناقشة السياسات المحفزة على إنتاج واستخدام مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة فى مصر وفى دول أخرى، وعرض نماذج الطاقة المستخدمة فى تخطيط الطاقة من أجل تحقيق التوازن بين عرض الطاقة والطلب عليها، وكيفية الاستفادة منها فى مصر. وقد اقترح البحث أن يتضمن إطار الرؤية المستقبلية للمزيج المناسب لمصادر الطاقة فى مصر تعظيم الاستفادة من الطاقة الشمسية ومن طاقة الرياح كمصادر لتوليد الكهرباء، وكذلك فى الإضاءة والتدفئة بالاستخدامات التجارية والعامة (بالنسبة للطاقة الشمسية)، وكذلك تعظيم الاستفادة من المخلفات المناسبة والمتاحة فى مصر بأنواعها المختلفة وتوفير التكنولوجيات الملائمة، وما يرتبط بها من سياسات وتشريعات وتنظيمات، لاستخدام هذه المخلفات كمصدر مناسب للطاقة البديلة، ليس بالضرورة لإنتاج الكهرباء، ولكن فى مجالات أخرى تساهم فى تخفيف الأعباء على قطاع الكهرباء. أما بالنسبة للطاقة النووية ففى حالة حتمية اللجوء إلى استخدامها لزيادة قدرات الطاقة الكهربائية ينبغى التطبيق الصارم لجميع ضوابط الآمان.

وقد اقترح البحث مجموعة من السياسات والإجراءات التى من شأنها تعظيم الاستفادة من مصادر الطاقة المتاحة فى مصر منها سياسات خاصة بإدارة برامج تمويل الطاقة المتجددة، وسياسات ترتبط بتشجيع الاستثمار المحلى فى مشروعات توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية وتعظيم الاستفادة من المخلفات كمصدر متاح للطاقة. كما اقترح البحث تبنى جهة فى مصر لموضوع "برمجيات ونماذج الطاقة" تكون مهمتها استخدام وتطوير نماذج الطاقة لتخطيط نظم الطاقة، وتصميم استراتيجيات الطاقة فى مصر.

الكلمات الدالة: الطاقة الجديدة والمتجددة، سياسات الطاقة الجديدة والمتجددة، نماذج الطاقة.

Abstract

A Frame Work of Future Vision of Utilization of the New and Renewable Energy Sources in Egypt

This research aimed at studying the different sources of new and renewal energy (NRE) available in Egypt and the means of using it and the opportunities of maximizing its utilization. To achieve this aim the previous –related studies has been reviewed, discussed and analyzed, the challenges facing the existing situation of energy is also presented together with discussing production and utilization pattern of the different sources of new and renewal energy available in Egypt. The policies encouraging production and utilization of these sources of energy in Egypt and in other countries and energy-models used in proper planning to achieve balance between energy supply and demand are presented and discussed.

The framework of the appropriate energy mix for Egypt should maximize utilization of solar and wind energies as sources of electricity (and other uses for solar energy).Energy from waste is a promising source that needs appropriate policies, legislations, organizations to be used not necessary for electrical energy but in other applications to release some of the electrical stress. Regarding nuclear energy thorough application of all safety measures is a must.

The research proposed some policies and actions to maximize utilization of the existing NRE available in Egypt, some of it are related to financial issues, others are related to encouraging investment in solar energy projects and maximizing utilization of waste as a source of energy. Energy modeling and programming is an important issue to achieve balance between production and consumption of energy.

فريق البحث

أ.د. سهير أبو العينين

أ.د. نفيسة أبو السعود

أ.د. عبد الحميد القصاص

أ.د. نيفين كمال

أ. محمد خفاجى

أ. أسماء مليجى

أ. زينب نبيل

مقدمة

تعانى مصر من الاعتماد على مصادر الطاقة التقليدية الناضبة، والمتمثلة فى كل من البترول والغاز الطبيعى، حيث تصل نسبة إنتاج هذه المصادر إلى أكثر من 90% من إجمالى إنتاج الطاقة فى مصر، وذلك بالرغم من محدودية الاحتياطيات المتوفرة من هذه المصادر، والتى لا تتناسب مطلقاً مع معدلات زيادة استهلاك الطاقة فى مصر. وتهدد هذه المشكلة كلا من استدامة الطاقة، وبالتالى استدامة التنمية، والحفاظ على حقوق الأجيال القادمة فى هذه الموارد الطبيعية الناضبة، كما تهدد أمن الطاقة، الذى هو جزء من الأمن القومى. وأيضا ينتج عن هذه المشكلة عدم القدرة على تحقيق الاستغلال الأمثل للموارد المتاحة، خاصة الغاز الطبيعى، الذي يمكن دخوله فى صناعات هامة لتحقيق قيمة مضافة أعلى، وتشغيل عمالة أكثر، وجلب موارد أكبر من النقد الأجنبى.

وفى ضوء الزيادة المستمرة فى الطلب على الطاقة فى مصر تبرز أهمية مراجعة سياسات إنتاج واستهلاك الطاقة فى مصر، ووضع استراتيجيات جديدة لها تقوم على التوجه بقوة– وسريعاً– إلى إنتاج واستهلاك مصادر جديدة ومتجددة للطاقة، خاصة مع التطور الكبير والمستمر فى تكنولوجيا إنتاج واستهلاك مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة فى كثير من دول العالم المتقدم والنامى على حد سواء، والاهتمام العالمى بتشجيع التوجه إلى استخدام هذه المصادر بهدف استدامة البيئة والتنمية بصفة عامة، حيث تعتمد الكثير من الدول على الطاقة الشمسية أو طاقة الرياح كمصدر تكميلى للمصادر غير المتجددة للطاقة، وأخرى تعتمد على طاقة الكتلة الحيوية.

ويتوفر لمصر مصادر عديدة من مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة مثل: الطاقة الشمسية وطاقة الرياح بالإضافة إلى طاقة الكتلة الحيوية، خاصة تلك التى يمكن إنتاجها من الكميات الهائلة من المخلفات الناتجة عن كافة الأنشطة البشرية والصناعية والزراعية وغيرها. بعض هذه المصادر يتم استخدامها بالفعل (مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح) بشكل محدود بالرغم من توفرها، والبعض الآخر مثل طاقة الكتلة الحيوية التى يتم الاستفادة منها بشكل عملى واسع. وهناك مصادر أخرى لم تصبح متاحة بعد ولم يتم استغلالها بعد مثل الطاقة النووية التى يثور جدل حول جدوى ومحددات استخدامها.

لذلك، يحاول هذا البحث عرض بعض مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة فى مصر والتعرف على الوضع الحالى لاستخداماتها وإمكانات تعظيم الاستفادة منها لتحقيق التوازن بين العرض والطلب على الطاقة فى المدى القصير والبعيد اعتماداً على الدروس المستفادة من المجهودات والدراسات السابقة والظروف والإمكانيات المصرية المتاحة، وكذلك خبرات الدول الأخرى فى وضع السياسات المحفزة على إنتاج واستخدام الطاقة المتجددة، واستخدام الأدوات الكمية ونماذج الطاقة فى تحديد المزيج الأمثل للطاقة، وكأداة تساعد فى تنمية استخدامات الطاقة الجديدة والمتجددة.

ولتحقيق الهدف من البحث تم تناول ما يلى:

- مراجعة الدراسات السابقة فى مجال الطاقة الجديدة والمتجددة ونتائجها وفرص الاستفادة منها.
- عرض ومناقشة الوضع الحالى للطاقة فى مصر وما يواجهه من تحديات.
- دراسة الوضع الحالى والإمكانيات المتاحة لإنتاج واستخدام الطاقة من المصادر الجديدة والمتجددة فى مصر والمفاضلة بينها.
- عرض ومناقشة سياسات وآليات تنمية استخدام مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة فى مصر وفى دول أخرى.
- عرض نماذج الطاقة المستخدمة فى تحديد المزيج الأمثل للطاقة فى ضوء المتاح من عرض الطاقة والطلب عليها.

وذلك فى فصل تمهيدى وأربعة فصول على النحو التالى:

فصل تمهيدى: تناول بعض المفاهيم الأساسية للطاقة، وعرض بعض الدراسات ذات العلاقة بموضوع البحث.

الفصل الأول: تناول الوضع الحالى للطاقة فى مصر فيما يخص الإنتاج والاستهلاك والاحتياطيات المتاحة من مصادر الطاقة التقليدية.

الفصل الثانى: تناول مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة المتاحة فى مصر ومحددات استخدامها، وأهمها الشمس والرياح والمخلفات والطاقة النووية.

الفصل الثالث: تناول السياسات المحفزة على إنتاج واستخدام الطاقة المتجددة فى مصر وفى دول أخرى.

الفصل الرابع: تناول نماذج الطاقة المستخدمة فى تخطيط الطاقة من أجل تحقيق التوازن بين عرض الطاقة والطلب عليها، وتحديد المناسب من هذه النماذج لمصر.

فصل تمهيدى
إطار مرجعى لمفاهيم ودراسات الطاقة

مقدمة :

يتناول هذا الفصل بعض المفاهيم الأساسية للطاقة، كما يتناول عرض وتقييم لبعض الدراسات فى مجال الطاقة المتجددة فى مصر للاستفادة من نتائجها فى وضع الرؤية المستقبلية لإنتاج واستخدام الطاقة الجديدة والمتجددة فى مصر.

أولاً: بعض المفاهيم الأساسية للطاقة:

اهتمت المنظمات الدولية فى مجالات الطاقة، وتحديداً الوكالة الدولية للطاقة (International Energy Agency) بتطوير العديد من مفاهيم الطاقة كمحاولة لوضع السياسات الصحيحة فى الدول وخاصة الصناعية منها. بعض هذه المفاهيم تم بلورتها كمياً، والبعض الآخر لم يتم بلورته بعد، حيث مازال النقاش دائراً حول أفضل المؤشرات الكمية التى يُمكن أن تعبر عن هذه المفاهيم.

وسوف يلقى هذا الجزء الضوء على بعض مفاهيم الطاقة وهى: الطاقة المتجددة، والطاقة الجديدة، وفقر الطاقة، وكفاءة الطاقة، واستدامة الطاقة، وأخيراً مفهوم أمن الطاقة، وذلك على النحو التالى:

1-الطاقة المتجددة (Renewable Energy):

هى الطاقة المستمدة من الموارد الطبيعية التى تتجدد أو التى لا يمكن أن تنفد، أى أن معدل إنتاجها أكبر من استهلاكها[1]. ومن أبرز صور هذه الطاقة: الطاقة الشمسية، وطاقة الرياح، وطاقة المساقط المائية، وطاقة الكتلة الحيوية، وطاقة حرارة باطن الأرض، وطاقة حركة أمواج المد والجذر، وكذلك الطاقة الناتجة عن الفروق فى درجات الحرارة فى أعماق المحيطات والبحار[2]. وتتميز هذه الطاقة عن تلك المستخرجة من الوقود الأحفوري – الممثل فى البترول والفحم –أو الوقود النووي فى أنه لا ينشأ عنها مخلفات ضاره بالبيئة مثل ثانى أكسيد الكربون أو الغازات الضارة التى تساعد فى زيادة ظاهرة الاحتباس الحراري[3]. ويكاد يتطابق مفهوم الطاقة المتجددة مع بعض المفاهيم الأخرى المستخدمة فى أدبيات الطاقة مثل: الطاقة النظيفة (Clean Energy)، والطاقة البديلة (Alternative Energy)، والطاقة الخضراء (Green Energy).

---

[1]"Rrenewable Eenergy"http://www.iea.org/aboutus/faqs/renewableenergy/

[2]http://www.altenergy.org/renewables/renewables.html

[3] وذلك باستثناء الطاقة المولدة من المحاصيل الزراعية والأشجار المنتجة للزيوت، والتى يمكن أن ينشأ عنها مخلفات تعمل على زيادة الاحتباس الحراري.

وتتمثل أبرز استخدامات الطاقات المتجددة فى توليد الكهرباء، و توفير الوقود اللازم للنقل، وكذلك فى عمليات التسخين المختلفة.

2-الطاقة الجديدة (New Energy):

لا يوجد تعريف محدد لماهية الطاقة الجديدة فى أدبيات الطاقة حتى الآن، وإن كان هذا المفهوم فى بعض هذه الأدبيات يُستخدم للدلالة على الطاقة المتجددة أو الطاقة النووية او الأثنين معاً. ويُثير تصنيف الطاقة النووية ضمن الطاقة المتجددة أو غير المتجددة جدلاً كبيراً فى أدبيات الطاقة؛ حيث تصنف بعضاً منها الطاقة النووية على إنها طاقة غير متجددة، وتستند فى وجهة نظرها على أن اليورانيوم المستخدم فى توليد الطاقة النووية يُعد محدود الكمية فى الطبيعة وغير متجدد وسينفد حتمياً بعد مرور فترة من الزمن. بينما يُصنف البعض الآخر من الأدبيات هذه الطاقة على إنها طاقة متجددة، حيث تستند فى وجهة نظرها على طول الفترة الزمنية التى من المتوقع أن ينفد خلالها اليورانيوم، والتى تم تقديرها بنحو 5 بليون عام[1].

وفى ضوء مراجعة الأدبيات التى استخدمت مسمى الطاقة الجديدة ضمن كتاباتها، يُمكن استخلاص المفهوم التالى للطاقة الجديدة وهى" المصادر الأخرى للطاقة التي لم يسبق استخدامها"، وعليه يتميز هذا المفهوم بسمتين أساسيتين وهما:

- يُعد مفهوم الطاقة الجديدة مفهوماً نسبياً؛ إذ أنه يتباين من منطقة جغرافية إلى أخرى. فالطاقة قد تكون جديدة فى مكان معين ما لم يتم إدخال تطبيقاتها فى هذا المكان، وتكون غير ذلك فى مكان آخر إذا تم إدخال تطبيقاتها فيه. كما أن هذا المفهوم يتباين أيضاً من فترة زمنية إلى أخرى داخل المكان الواحد. فمثلاً فى مصر تُعد طاقة حرارة باطن الأرض وأيضا طاقة المد والجذر والفروق فى درجات الحرارة فى أعماق المحيطات من أبرز صور الطاقة الجديدة فى الوقت الحالى، والتى ربما تخرج من نطاق الطاقات الجديدة فى المستقبل إذا تم نشر استخدامها فى توليد الطاقة.
- يُعد هذا المفهوم أوسع نطاقاً من مفهوم الطاقة المتجددة؛ حيث أنه يشتمل على الطاقة المتجددة وغير المتجددة، أى أن الطاقة الجديدة قد تكون طاقة متجددة مثل طاقة المد والجذر، وقد تكون غير متجددة مثل الوقود النووى.

---

[1] Navid Chowdhury, "Is Unclear Energy Renewable Energy?"http://large.stanford.edu/courses/2012/ph241/chowdhury2/,March 2012.

وقد استندت وجهة النظر التى تصنف الوقود النووى على أنه وقود متجدد إلى أن اليورانيوم فى الطبيعة يمكن توليده فى حالة استمرار العلاقة بين الأرض والشمس، والتى قدر استمرارها لنحو 5 بليون عام.

3-فقر الطاقة (Energy Poverty):

يشير مفهوم فقر الطاقة إلى" حرمان قاعدة عريضة من السكان فى الدول من الحصول على خدمات الطاقة الحديثة (Modern Energy Services)، والتى تشمل الكهرباء، والمعدات النظيفة للطهى مثل المواقد غير الملوثة للهواء[1]. وفى هذا الإطار يوجد نحو 3.1 مليار فرد على مستوى العالم لا يحصلون على خدمات الكهرباء، وحوالى 6.2 مليار فرد لا يملكون معدات نظيفة للطهى. ويتركز نحو 95% من هؤلاء الأفراد اللذين يعانون من فقر الطاقة فى جنوب الصحراء الكبرى وآسيا وفقاً لإحصائيات الوكالة الدولية للطاقة (IEA) [2].

4-كفاءة الطاقة (Energy Efficiency):

يُشير هذا المفهوم " إما إلى تخفيض استهلاك الطاقة فى العملية الإنتاجية دون الإخلال بمستوى مخرجات هذه العملية من السلع والخدمات من حيث الكمية المنتجة أو التكلفة أو الجودة، أو رفع مستوى مخرجات العملية الإنتاجية باستهلاك نفس القدر من الطاقة ". كما يطلق على هذا المفهوم أيضاً الاستخدام الكفء للطاقة (Efficient Energy Use)[3]. وتتوقف كفاءة الطاقة على جانبين: الأول منهما يتعلق بكفاءة إنتاج الطاقة والتى تشمل: كفاءة عملية الاستخراج والنقل وكفاءة تحويل الطاقة الأولية بمعامل التكرير، وكفاءة تحويل الطاقة إلى مرافق التخزين، وكفاءة نظم التوزيع وشبكات النقل، وكذلك كفاءة التحويل النهائى للطاقة إلى أشكال الطاقة النافعة فى الاستخدامات النهائية للمستهلكين. بينما يتعلق الجانب الثانى بكفاءة استهلاك الطاقة والتى تتعلق بالسلوك العام للمستهلك النهائي، ومدى رشادته فى استخدام المصادر المختلفة للطاقة.

ومن أبرز المؤشرات الكمية المستخدمة لقياس كفاءة الطاقة على مستوى الدول مؤشر كثافة الطاقة، والذى يقيس النسبة بين إجمالى استهلاك الطاقة والناتج المحلى الإجمالى فى اقتصاد ما[4]. كما يُعد مؤشر فجوة كفاءة الطاقة (Energy Efficiency Gap) من المؤشرات المقترحة أيضاً، والذى يقيس الفرق بين الاستخدام الفعلى والأمثل للطاقة فى الأغراض المختلفة. وقد أشارت الأدبيات إلى مجموعتين من الأسباب تقف وراء وجود هذا الفرق وهى:

---

[1] "Energy Poverty",International Energy Agency, www.iea.org.

[2] المرجع السابق، وفقا لأحدث بيان منشور على الموقع الإلكتروني عام 2014.

[3] Wikipedia," Efficient Energy Use".

[4] قامت الوكالة الدولية للطاقة بالعديد من الجهود لتطوير مؤشرات قياس كفاءة استخدام الطاقة منذ عام 1997 بكافة القطاعات ولجميع انواع الطاقة. لمزيد من التفصيلات عن هذه المؤشرات أنظر:

IEA ,Development of Energy Efficiency Indicators In Russia,2011

- فشل أسـواق الطاقة (Energy Market Failure) فى التخصيص الأمثل لمواردها نتيجة تشوه هياكل أسعار الوقود لوجود الدعم المقدم من الحكومة، الأمر الذى يجعل السعر النهائى للطاقة لا يعكس التكلفة الحقيقية للإنتاج، هذا فضلاً عن محدودية فرص الحصول على التمويل اللازم للاستثمار فى التكنولوجيات الحديثة للطاقة لارتفاع تكاليف تشغيلها[1].
- العوامل السلوكية المرتبطة بسلوك المستثمر والمستهلك النهائي(Energy Non-Market Failure)، والتى تتمثل فى عدم التجانس بين سلوك المستهلكين فى استهلاك الطاقات المختلفة، مما يؤدى إلى صعوبة تحقيق التخصيص الأمثل للموارد، كما تتمثل فى عدم التأكد بشأن الأسعار المستقبلية للوقود وخاصة الزيت، الأمر الذى يحول دون اتخاذ المستهلك لقرارات الاستهلاك الرشيدة، والمستثمر لقرارات الإنتاج الصحيحة. فضلاً عن وجود مجموعة من الصعوبات التى تعوق تقدير وفورات الإنتاج الصحيحة التى سيحصل عليها المجتمع أو المستثمر فى حالة تحقيق كفاءة الطاقة[2].

ويُثير التطبيق الفعلى لهذا المفهوم جدلاً واسعاً فى الأدبيات لصعوبة الاتفاق على مقياس محدد لتحديد الاستخدام الأمثل للطاقة. لذلك تحيد هذه الأدبيات عن وضع مقياساً كمياً لهذا المفهوم، وتلجأ بدلاً من ذلك إلى اتخاذ الإجراءات الكفيلة لتقليل الفوارق بين الاستخدام الفعلى والأمثل للطاقة باتباع السياسات الملائمة مثل سياسات الدعم والحوافز والقروض الميسرة للمشروعات الاستثمارية فى مجال الطاقة. وكذلك تحقيق الاستخدام الكفء للمعدات المستخدمة فى عمليات استخراج وتصنيع الطاقة على النحو الذى يعظم من استخدامات الطاقة وتقليل الفاقد منها.[3]

5-استدامة الطاقة (Sustainable Energy):

يُشير هذا المفهوم إلى " ضرورة توفير الدول لمصادر الطاقة اللازمة للأجيال الحالية دون المساس بحقوق الأجيال القادمة ". ويتطلب تحقيق استدامة الطاقة بشكل رئيسى تقليل معدل نفاد المخزون فى باطن الأرض وتحديداً من الوقود الأحفوري، والذى يُمكن تحقيقه بالعمل على

---

[1]Adam B Jaffe and Robert N Stavins." The Energy Efficiency Gap: What Does It Mean?" Energy Policy, vol.22 (10) 1994,p805.

[2]المرجع السابق، ص 805-806.

3 Dietz, Thomas, "Narrowing the US Energy Efficiency Gap". Proceedings of the National Academy of Sciences, vol.107(37), 2010,pp.16006-16007.

محورين، الأول منهما تحقيق كفاءة الطاقة بشقيها الإنتاجى والاستهلاكى، والثانى منهما تفعيل الاستخدام الأمثل للطاقات المتجددة من خلال تطوير تكنولوجياتها ونشر ثقافة استخدامها.

6-أمن الطاقة (Energy Security):

يشير هذا المفهوم إلى توفير الطاقة بكافة صورها شريطة توافر ثلاثة شروط أساسية، وهى أن يكون هذا التوفير بكميات تتناسب مع الطلب المحلى على الطاقة (Adequate)، وأن تكون بتكلفة يستطيع أن يتحملها المستهلك والمنتج (Affordable)، وأن تكون هذه المصادر آمنة وموثوق فى استمرارية إمداداتها(Reliable)[1].

ثانياً: مراجعة لبعض دراسات الطاقة فى مصر:

يُلقى هذا الجزء الضوء على أهم نتائج المسح الأدبى لبعض دراسات الطاقة فى مصر فى مجالات كفاءة استخدام الطاقة، والمزيج الأمثل للطاقة، والوقود النووى، وأخيراً الطاقات الجديدة والمتجددة على النحو الذى يُساهم فى توضيح كيفية الاستفادة من نتائج هذه الدراسات والانطلاق منها إلى استكمال مجالات التحليل والبحث المطلوبة لصياغة رؤية مستقبلية لإنتاج واستخدام الطاقة الجديدة والمتجددة فى مصر.

1-كفاءة الطاقة:

تناولت بعض الدراسات فى مصر آليات تفعيل كفاءة الطاقة. ومن أهم هذه الدراسات دراسة **(Clean Energy Development in Egypt, 2012[2])**، والتى أشارت إلى وجود العديد من نقاط الضعف في مجال كفاءة استخدام الطاقة مثل افتقار قطاع الطاقة وجود التنظيمات المؤسسية اللازمة لتحقيق كفاءة استخدام الطاقة[3]، والتى حددتها الدراسة فى ثلاث عناصر، الأول منهما تمثل فى غياب الأجهزة المنوط بها العمل على تحقيق كفاءة الطاقة. وتجدر الإشارة إلى اتخاذ الحكومة قرار بإنشاء جهاز مستقل يسمى "جهاز تخطيط الطاقة"، والتى صدر فى شأنه فيما بعد قراراً بإلغائه عام 2006، حيث كان يهدف هذا الجهاز إلى العمل على تحقيق كفاءة الطاقة. بينما تمثل العنصر الثانى فى غياب الرؤية التكاملية لسياسات تحقيق كفاءة الطاقة، حيث ركزت الجهود الحكومية فى هذا المجال على تطوير التشريعات اللازمة لجذب الاستثمارات المختلفة التى ترفع من كفاءة الطاقة، دون ان تطور السياسات المكملة لها، والتى

---

[1]International Energy Agency." Contribution of Renewable to Energy Security, 2007,p.13.

[2]African Development Bank." Clean Energy Development in Egypt", 2012.

[3]تجدر الإشارة إلى أن مشروعات اللمبات الموفرة للكهرباء هو المشروع الأكثر نجاحا فى هذا الإطار.

من أبرزها إصلاح نظم أسعار الطاقة، أما العنصر الثالث فقد تمثل فى غياب استراتيجية تمويل المشروعات العاملة فى مجالات تحقيق كفاءة الطاقة، إذ أن هذه المشروعات كانت تمول من مصادر التمويل المحدودة مثل المنح والقروض المقدمة من المؤسسات الدولية دون الاعتماد على مصادر التمويل المحلية.

وأكدت الدراسة على ان هذه المعوقات يُمكن التغلب عليها ببناء استراتيجية محلية متكاملة لتحقيق كفاءة الطاقة، على أن تأخذ فى اعتبارها التحديد الدقيق لاحتياجات القطاعات المختلفة من مصادر الطاقة، وتطوير الإطار المؤسسى اللازم، وكذا حصر مصادر التمويل المختلفة التى يُمكن الاعتماد عليها، واتخاذ الإجراءات المكملة التى تفعل إدماج التكنولوجيات الجديدة الموفرة للطاقة فى القطاع الاستهلاكى والإنتاجي، هذا فضلاً عن تعديل نظم تسعير الطاقة فى الاقتصاد المصري.

كما اشارت الدراسة إلى تحقيق مصر لتطورات ملموسة فى بعض تكنولوجيات الطاقة المتجددة، وتحديداً تكنولوجيات طاقة الرياح والطاقة الشمسية. وتعرضت بالتحليل لقضية إقامة المشروعات المحلية لتصنيع معدات هذه التكنولوجيا، والتى حققت بها مصر تطورات ملموسة، وتحديداً فى مجال صناعة معدات توليد الطاقة من الرياح. وأشارت الدراسة إلى أن تفعيل الصناعة المحلية لتشمل تصنيع جميع معدات تكنولوجيا الطاقة المتجددة، يتطلب من الحكومة بناء استراتيجية متكاملة لتشجيع تصنيع هذه التكنولوجيات، على أن تشتمل هذه الاستراتيجية على المحاور التالية:

- المحور المؤسسي: يتوقف تفعيل الاستراتيجية على وجود كيان مؤسسى محدد يعمل على بناء الاستراتيجية وتفعيل كافة محاورها. وقد اقترحت الدراسة إنشاء هيئة الطاقة النظيفة، والتى ينوط بها التنسيق مع القطاع الخاص وكافة الجهات المستفيدة من تكنولوجيات الطاقة المتجددة.

- محور الحوافز: حددت الدراسة هذه الحوافز فى العديد من الآليات المتمثلة فى خلق طلب محلى على تكنولوجيات الطاقة المتجددة، وذلك بتحديد الصناعات التى يُمكن لها استخدام هذه التكنولوجيا، مع التسويق الفعال لها. وكذا التسهيلات المالية الممثلة فى القروض ذات معدل الفائدة المنخفضة، وإنشاء البنية التحتية الممثلة فى تجمعات تكنولوجية تضم كافة المشروعات العاملة فى هذا المجال، وما يرتبط بها من صناعات

ذات طبيعة تكاملية أمامية وخلفية. وأخيراً إنشاء جهة واحدة متخصصة تعمل على تقديم جميع التسهيلات والتصريحات اللازمة لإنشاء هذه المشروعات.

- محور تشجيع التعاون الدولى: بُغية تقديم المشورة للمصنعين المحليين فيما يتعلق بالبحث العلمى والتطوير التكنولوجى لصناعة تكنولوجيات الطاقة المتجددة، وبطرق التصنيع والأدوات التى يُمكن استخدامها فى عمليات التصنيع، وكيفية تطوير المنتجات الحالية، وأفضل طرق الإنتاج لتقليل التكاليف، وتقديم المساعدة فى دراسات جدوى مشروعات الطاقة المتجددة فى الاقتصاد المحلى سواء من حيث إمكانية التطبيق والتكلفة، وكذا دعم المشروعات الناشئة فى هذا المجال.

- محور الكفاءة البشرية: أن نقطة الانطلاق فى تصنيع تكنولوجيا الطاقة المتجددة بكافة صورها تتمثل فى وجود كفاءات فنية عالية التقنية من القوى البشرية. وقد اكدت الدراسة على ان هذه القوى متوافرة لصناعة تكنولوجيا طاقة الرياح، والتى يُمكن تعزيزها وثقلها من خلال تطوير المقررات والمناهج الدراسية فى كليات الهندسة، وتقديم الدورات التدريبية اللازمة لتطوير الكفاءات، وكذا ارسال البعثات إلى الخارج فى مجال تكنولوجيات الطاقة المتجددة، هذا فضلاً عن تنسيق الجهود بين المراكز البحثية والصناعة والجامعات فى هذا السياق.

وقد تميزت هذه الدراسة بتحليلها لجانبى كفاءة الطاقة واستخدام الطاقات الجديدة والمتجددة فى مصر، ووقوفها على أبرز نقاط الضعف والقوة فى هذين الجانبين، ووضعها لمجموعة من التوصيات وآليات العمل اللازمة للتغلب على نقاط الضعف التى خلصت إليها. فضلاً عن تناولها لأهم العوامل المؤثرة على تفعيل ونشر استخدام الطاقة المتجددة وهى: العوامل التنظيمية والتشريعية والمؤسسية والمالية والتعليمية والعلاقات الخارجية.

2-المزيج الأمثل للطاقة:

تناول العديد من الدراسات مزيج الطاقة فى مصر، وقد تنوعت هذه الدراسات فى تناولها للموضوع من جوانب مختلفة. فعلى سبيل المثال هناك بعض الدراسات (مثل دراسة **Renewable Energy Mix for Egypt**[1])، والتى قامت ببناء سيناريوهات لتقديم المزيج

[1]Hani El Nokrashy."Renewable Energy Mix for Egypt",Nokraschy Engineering GmbH, Germany (N.D).

الأمثل لتوليد الطاقة الكهربائية فى مصر من المصادر المتجددة، على أن تساهم هذه الموارد فى توليد نحو20% و30% و55% من إجمالى الطاقة الكهربائية المولدة خلال عامى 2010 و2020 و2050 على التوالى. وخلصت الدراسة إلى وجود ثلاث مصادر للطاقة المتجددة ذات الجدوى الاقتصادية فى توليد الطاقة الكهربائية، وهى: الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة المائية. وتوصلت الدراسة إلى أن المزيج الأمثل فى مساهمة الطاقة المائية والرياح والشمسية يقدر بنحو 10 % و8% و2% خلال عام 2010 و6% و12% و12% خلال عام 2020 وبنحو 2% و17% و36% خلال عام 2050 على التوالى. وقد أشارت الدراسة إلى أن الجدوى الاقتصادية لتوليد الطاقة الكهربائية من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح تُعد مرتفعة مقارنة بتوليدها من الطاقة المائية. لذلك أوصت الدراسة بأهمية الاعتماد على هذين المصدرين فى المستقبل لتوليد الكهرباء، وتتوقف مفاضلة صانع القرار بين هذين البديلين فى توليد الطاقة الكهربائية على مجموعة المعايير التالية:

- معيار التكاليف:

ترتفع تكاليف توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية بنحو3% مقارنة بتوليد ذات القدر من طاقة الرياح فى الأجل القصير. وإن كان هذا الاتجاه سيتباين فى المستقبل؛ حيث توقعت الدراسة ارتفاع تكاليف توليد الكهرباء من الرياح مقارنة بالطاقة الشمسية بنحو 29% فى الأجل الطويل؛ نظرا لارتفاع تكاليف تطوير معدات طاقة الرياح مقارنة بالطاقة الشمسية عند توسيع نطاق تشغيل هذه الشبكات.

- معيار استمرارية تدفق الطاقة:

يُعد توليد الكهرباء باستخدام الطاقة الشمسية أقل عرضه للتذبذب والانقطاع مقارنة بطاقة الرياح، نظرا لطبيعتها الموسمية المتذبذبة على مدار العام مقارنة بالطاقة الشمسية.

- معيار الإتاحة:

تتوافر الطاقة الشمسية فى مصر خلال فترتى الصيف والشتاء على حد سواء وإن كانت نسب الإتاحة ترتفع فى الصيف عنها فى الشتاء بنسبة 20%. وهذا على خلاف طاقة الرياح والتى تتعرض للتذبذب وعدم الاستقرار على مدار العام.

- معيار التحكم:

أكدت الدراسة على إمكانية تخزين الطاقة الشمسية على النحو الذى يسمح باستمرارية تشغيل محطات توليد الكهرباء، وذلك بخلاف طاقة الرياح والتى لا يمكن تخزينها إلا فى حالة استخدام البطاريات القابلة للشحن، والتى يواجه استخدامها بالعديد من المعوقات، أبرزها ارتفاع تكلفة الحصول عليها، وصعوبة استخدامها على النطاق كبير الحجم لمحدودية سعتها التخزينية.

- المساحة المطلوبة لتوليد الكهرباء:

تبلغ مساحة الأرض المطلوبة لتطبيق مشروع توليد الكهرباء باستخدام طاقة الرياح 10 أضعاف المساحة المطلوبة لتوليد الطاقة الشمسية.

وقد تميزت هذه الدراسة بمحاولتها تقدير التكلفة التقريبية لتوليد الكهرباء من المصادر المتجددة وتحديداً من الشمس والرياح، وهو الأمر الذى يساعد صانع القرار فى التحقق من الجدوى الاقتصادية لتوليد الكهرباء من هذين المصدرين، وفى المفاضلة بين هذا البديل وبين توليد الكهرباء من المصادر التقليدية (البترول والغاز الطبيعى)، مما يساهم فى تحديد المزيج الأمثل لتوليد الكهرباء.

وبالرغم من أوجه التميز سالفة الذكر، إلا أنه قد اعتمدت الدراسة فى تقديراتها لتكاليف توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح على مجموعة من الافتراضات بدون النظر إلى مدى ملائمة هذه الافتراضات للحالة المصرية.

ومن ناحية أخرى قامت بعض الدراسات بتقدير دالة الطلب على الطاقة فى القطاع الصناعى متضمنة الطلب على الموارد غير المتجددة، وأيضاً الموارد المتجددة **(مثل دراسة توليفة الطاقة فى قطاع الصناعة حتى عام 2027/2026[1]، 2011)**. وقد استخدمت الدراسة فى التقدير منهجية السلاسل الزمنية لتحليل العلاقة بين الناتج المحلى الإجمالى والناتج فى قطاع الصناعة واستهلاك صور الطاقة خلال الفترة من عام 1982/1987–2007/2006. وقد اعتمدت الدراسة فى تقديرها للطلب على ثلاث بدائل للنمو الاقتصادى وهى : 6% للبديل المرجح و5,2% للبديل المتحفظ ونحو 6,7% للبديل المتفائل، وذلك خلال الفترة 2007/2006–2027/2026.

وقد خلصت الدراسة إلى توقع زيادة اعتماد قطاع الصناعة على الطاقة البترولية بنسبة تتراوح بين 78–88% وفقا للبدائل الثلاثة مقابل 83% فى عام 2007/2006، وانخفاض نسبة مشاركة الطاقة الكهربائية إلى ما يتراوح بين 12–13% خلال عام 2027/2026. وقدرت الدراسة نسبة مشاركة مصادر الطاقة المتجددة فى توليد الكهرباء بنحو 2,5% فى المتوسط خلال عام 2027/2026، مقابل 2% خلال عام 2007/2006، وتُعد هذه النسبة ضئيلة إذا

[1] المجالس القومية المتخصصة، المجلس القومى للإنتاج والشئون الاقتصادية. "توليفة الطاقة فى قطاع الصناعة حتى عام 2027/2026"، شعبة الطاقة والكهرباء والبترول، 2011.

ما قورنت بالنسبة المستهدفة لمشاركة مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة من إجمالى الطاقة الكهربائية المولدة فى عام 2027/2026، والتى تبلغ نحو 20%.

وقد تميزت هذه الدراسة بوضعها لبدائل وسيناريوهات متباينة للمزيج الأمثل لاستخدام الطاقات الجديدة والمتجددة فى القطاع الصناعى، الأمر الذى يعطى صانع القرار المرونة فى التعامل مع التغيرات المفاجئة فى المستقبل.

كما قامت بعض الدراسات الأخرى (مثل دراسة **التوقعات المستقبلية لتوليفة الطاقة الكهربائية فى مصر حتى عام 2030/2029[1]، 2011)** برسم السياسات اللازمة لترشيد الطاقة الكهربائية فى قطاع الكهرباء، من خلال تناول السياسات والإجراءات اللازمة للحد من الإسراف فى استخدام الكهرباء والعمل على رفع كفاءة استخدامها، ووضع توليفة الطاقة الكهربائية التى تحقق ضمان إمداداتها بالقدر والقدرة المناسبين لإدارة عجلة الاقتصاد القومى، وبما يحقق كذلك التنمية المستهدفة فى ظل خيارات عديدة تحقق الاستقرار والاستمرار ومنع الاحتكار. وقد قامت الدراسة بتحديد توليفة إنتاج الطاقة الكهربائية فى ضوء ثلاث سيناريوهات على النحو التالى:

بديل التنمية المرجح: يفترض معدل النمو الاقتصادى يبلغ 5% خلال الفترة(2009/2008-2012/2011)، ويزداد 1% كل خمس سنوات.

بديل التنمية المتوسط: يفترض معدل النمو الاقتصادى يبلغ 5% خلال الفترة(2009/2008-2012/2011)، ويزداد 0,5% كل خمس سنوات.

بديل التنمية المرتفع: يفترض زيادة معدل النمو الاقتصادى بنحو 1% كل 3 سنوات.

وقد خلصت الدراسة إلى أهمية وضرورة التحول إلى استخدام الأنماط البديلة للطاقة البترولية كالطاقة النووية وطاقة الفحم/ الطفلة البترولية المتوافرة فى مصر، مع تعظيم مشاركة مصادر الطاقة المتجددة (شمس- رياح- بيوماس) ضمن توليفة الطاقة الكهربائية على أن تكون مشاركة مصادر الطاقة فى هذه التوليفة بالنسب التالية: مازوت 8,61%، وغاز طبيعى 39,22%، والطاقة النووية 17,55%، وطاقة الفحم/الطفلة البترولية 17,55%، والطاقة المائية نحو 2%، والطاقة المتجددة 15,07%، وذلك فى عام 2030. ويبلغ إجمالى قدرات التوليد المطلوبة نحو 120324 ميجاوات، وبإجمالى استثمارات تصل إلى نحو 262 مليار دولار

[1] رئاسة الجمهورية، المجالس القومية المتخصصة." التوقعات المستقبلية لتوليفة الطاقة الكهربائية فى مصر حتى عام 2030/2029"، المجلس القومى للإنتاج والشئون الاقتصادية، 2011.

شاملة تكلفة محطات توليد الشبكات الكهربائية –وذلك لمجابهة الطلب المتزايد على الطاقة الكهربائية، إضافة إلى الطاقة الكهربائية اللازمة لتحلية المياه–وسيترتب على هذه التوليفة توفير نحو 78 دولار كتكلفة مبدئية لخفض ثانى اكسيد الكربون.

وتتميز هذه الدراسة عن الدراسات السابقة بتوسيع نطاق تحليلها للطاقات الجديدة ليشمل بجانب الطاقة الشمسية والرياح الطاقة النووية والبيوماس والطفلة البترولية.

ومن أهم الدراسات التى تناولت إشكالية مزيج الطاقة فى مصر ومدى توافقه مع متطلبات التنمية المستدامة دراسة **(نحو مزيج أمثل للطاقة فى مصر, 2011**[1]**)**. والتى تناولت بالتحليل العديد من القضايا والمتمثلة فى:

- هيكل إنتاج واستهلاك الطاقة فى مصر وعلاقته بنمط التنمية فى مصر"، وذلك لبيان مدى قدرته على تلبية متطلبات التنمية المستدامة للحفاظ على موارد الطاقة الناضبة من ناحية، والحفاظ على البيئة من ناحية أخرى، ذلك مع تلبية الطلب المستقبلى المتزايد على الطاقة، الذى يحقق معدلات النمو الاقتصادى المستهدفة.
- "تقييم استراتيجيات وسياسات إدارة الطاقة فى مصر"، لتقييم دورها فى تلبية متطلبات التنمية.
- "محددات المزيج الأمثل للطاقة من الخبرات الدولية التنموية والتكنولوجية"، وذلك بهدف استخلاص محددات المزيج الأمثل للطاقة من هذه الخبرات، والتى بناءً عليها يمكن وضع محددات المزيج الأمثل للطاقة لمصر، والقيود التى يمكن أن تعوق إنجازه.
- مزيج الطاقة فى مصر فى ظل سيناريوهات بديلة "، وقد تم ذلك باقتراح ثلاث سيناريوهات بديلة لنمط التنمية فى مصر، بحيث يمكن وضع تصور لمزيج الطاقة فى ظل كل سيناريو من هذه السيناريوهات. ولقد تم استخدام نموذج كمى "LEAP" –من نماذج الطاقة المطبقة فى دول أخرى –لتقدير عرض الطاقة والطلب عليها فى ظل كل سيناريو مقترح. كما تم أيضاً تقدير الانبعاثات الضارة فى كل سيناريو باستخدام نفس النموذج. واختتم هذا الفصل بعرض لأهم السياسات التى يمكن تطبيقها لإنجاز المزيج الأفضل (الأمثل) للطاقة فى مصر.

وقد خلصت الدراسة إلى أهمية أن تتحرك مصر بسرعة وبقوة تجاه تعديل مزيج الطاقة الخاص بها، حتى يمكن أن يفى بمتطلبات التنمية المستدامة. ويتطلب ذلك ما يلى:

---

[1] معهد التخطيط القومى، " نحو مزيج أمثل للطاقة فى مصر"، سلسلة قضايا التخطيط والتنمية، رقم (227)، سبتمبر 2011.

- توافر الإرادة السياسية والمجتمعية الحقيقية لتعديل نمط التنمية السائد نحو نمط للتنمية المستدامة، الذى يدفع نحو ترشيد استهلاك الطاقة ورفع كفاءة إنتاجها واستهلاكها، وتطوير تكنولوجيات الطاقة الجديدة والمتجددة، والتوسع فى إنتاجها واستخدامها.
- مراجعة استراتيجية الطاقة فى مصر كوحدة واحدة، وليس كاستراتيجيتين منفصلتين. ويتطلب ذلك قدراً كبيراً من التنسيق القوى والمستمر بين قطاعى البترول والكهرباء، ويمكن أن يتم ذلك تحت إشراف المجلس الأعلى للطاقة.
- إجراء مراجعة دقيقة وشفافة للاحتياطيات المتاحة فى مصر من الوقود الأحفورى. وكذلك مراجعة وتعديل كافة الاتفاقيات المبرمة مع الشركاء الأجانب فى مجالى البحث والاستكشاف وتصدير الغاز الطبيعى، لتعظيم عوائد مصر من مواردها الناضبة وعدم هدرها.
- مشاركة المجتمع بأسره فى برامج ترشيد استهلاك الطاقة، وتوعيته بأهمية التوجه نحو مزيج أفضل للطاقة متوافق مع متطلبات التنمية المستدامة. ولتحقيق ذلك لابد من إعلام المجتمع بكافة بيانات ومخاطر قضية الطاقة فى مصر بشفافية كاملة.

كما أشارت الدراسة إلى ضرورة إيلاء المزيد من الاهتمام "لنماذج الطاقة " التى تطبقها كثير من دول العالم، حيث تهدف هذه النماذج إلى تحقيق التوازن بين عرض الطاقة والطلب عليها. وتتطلب دراسة هذه النماذج تكوين فرق بحثية متكاملة من عدة تخصصات وتوافر قاعدة بيانات تفصيلية دقيقة عن كل ما يتعلق بمصادر الطاقة المتاحة والاستخدامات النهائية لها، وذلك حتى يمكن التخطيط السليم لعامل هام من عوامل التنمية وذات علاقة وثيقة بقضايا أخرى هامة وملحة مثل قضية البيئة.

وقد تميزت هذه الدراسة بعدد من المميزات، من أهمها: الجمع بين جانبى الطلب والعرض معاً فى النموذج المستخدم للتنبؤ بالمزيج الأمثل لهيكل إنتاج واستخدام الطاقة فى مصر، والدمج بين الطاقات الجديدة والمتجددة فى هذا النموذج، وقيامها بالتنبؤ بالتوقعات المستقبلية فى ظل ثلاث سيناريوهات بديلة. كما تميزت هذه الدراسة عن الدراسات السابقة فى قيامها بالتنبؤ بالاستهلاك ليس على المستوى القومى فحسب، بل على المستوى القطاعى أيضاً، مما يساعد صانع القرار فى وضع السياسات القطاعية التى تراعى خصوصية كل قطاع. فضلاً عن قيامها بتقدير الإنبعاثات المصاحبة لاستهلاك الطاقة فى السيناريوهات المستخدمة فى الدراسة.

3-الوقود النووي:

هناك بعض الدراسات تناولت تقييم الجدوى الاقتصادية لاستخدام الطاقة النووية فى توليد الكهرباء فى الاقتصاد المصرى(مثل دراسة **On The Economic Feasibility Of Nuclear Power Generation In Egypt, 2009,**[1])، والتى أكدت على أن الطاقة النووية لها جدوى اقتصادية فى توليد الطاقة الكهربائية مقارنة بمحطات توليد الكهرباء باستخدام الطاقة الشمسية. وقدرت الدراسة نسب مساهمة هذه الطاقة بنحو 4%، 10%، 12%، 15% من إجمالى الطاقة الكهربائية المولدة لعام 2017، 2025، 2030، 2050 على التوالى. واقترحت الدراسة استخدام تكنولوجيا مفاعل الماء الخفيف ذى دورة الوقود المفتوحة فى توليد الكهرباء لارتفاع جدواها الاقتصادية مقارنة بتكنولوجيات الطاقة النووية الأخرى. وأشارت الدراسة إلى أن تحقيق النسب الموضحة عالية يتطلب إنشاء ستة محطات للطاقة النووية حتى عام 2050 وفقاً للفروض التالية:

- تبلغ التكلفة الثابتة للمحطات النووية نحو 2.86 بليون دولار لتوليد 1000 ميجا وات وذلك بأسعار عام 2008.
- تبلغ تكلفة تشغيل هذه المحطات نحو 6,03 سنت/ ك.و.س.
- تبلغ تكاليف اليورانيوم نحو 0,74 سنتاً لكل ميجاوات.
- الحد الأدنى لعمر المحطة النووية يُقدر بنحو 33 عاماً.
- الحد الأدنى للقدرة المولدة تبلغ 905 ميجاوات للمصنع الواحد.
- تكلفة الفرصة البديلة لرأس المال المستثمر فى مشروعات توليد الكهرباء تتمثل فى الحصول على فائدة تبلغ 13,2%.
- تبلغ كفاءة تشغيل المحطة 28%.

وأكدت الدراسة على أن الجدوى الاقتصادية لهذه المشروعات ترتبط بالعديد من المحددات المتمثلة فى التخطيط والتنفيذ ومتابعة التنفيذ الجيد لهذه المشروعات من قبل صانع القرار.

بالرغم من تميز هذه الدراسة بتقدير تكاليف توليد الكهرباء من الوقود النووى على نحو مفصل – مقارنة بما سبق من دراسات – إلا أنها لم تقدر التكاليف المجتمعية لاستخدام هذه التكنولوجيا، والتى تُعد محدداً رئيسياً فى اتخاذ قرار بشأن استخدام الطاقة النووية فى مصر.

[1]Tarek H. Selim."ON The Economic Feasibility OF Nuclear Power - Generation in Egypt", Working Paper NO.143, ECES, 2009.

4-الطاقة المتجددة:

قد حظيت قضية الطاقة المتجددة فى مصر باهتمام العديد من الدراسات المختلفة مثل **(دراسة قطاع الطاقة المتجددة فى جمهورية مصر العربية, 2006[1])**، والتى هدفت إلى وضع تصور لسيناريوهات مختلفة لدخول مصر إلى أسواق معدات الطاقة المتجددة المحلية والعالمية، هذا فضلاً عن وضع استراتيجية واضحة لرفع القدرة التنافسية للتصنيع المحلى لتكنولوجيات الطاقة المتجددة. وقد خلصت الدراسة إلى وجود ثلاث تكنولوجيات للطاقة المتجددة ذات الجدوى الاقتصادية فى مجال توليد الطاقة الكهربائية فى الاقتصاد المصرى، وهى طاقة الرياح والطاقة الشمسية المركزة والخلايا الشمسية الضوئية[2]. وقدمت الدراسة بديلين لآلية تمويل تطبيق هذه التكنولوجيا: البديل الأول من خلال القروض التجارية، والثانى من خلال المنح. وقامت الدراسة بقياس الوفر المحقق للاقتصاد المصرى جراء تطبيق هذه التكنولوجيات فى ضوء ثلاث سيناريوهات بديلة، وهى:

- السيناريو المنخفض لتوليد الطاقة، والذى يتميز بعدم وجود سياسة واضحة لتحرير أسعار الطاقة لتعكس التكلفة الحقيقية لإنتاج الوقود، هذا فضلاً عن انخفاض مساهمة الطاقة المتجددة فى إجمالى هيكل الطاقة المولدة لهذا السيناريو.
- ثانيا: السيناريو المتوسط والذى يتميز بارتفاع نصيب الطاقة المتجددة من إجمالى الطاقة المولدة إلى نحو 8,10% بحلول عام 2022.
- ثالثا: السيناريو المرتفع، والذى يهدف إلى رفع مساهمة الطاقة المتجددة إلى حوالى 16% من إجمالى الطاقة المولدة خلال عام 2022.

ووفقاً لهذه السيناريوهات تم تقدير الوفر المحقق للاقتصاد المصرى فى فئتين، الفئة الأولى وهى شهادات الكربون، والتى تم حسابها على أساس الوفر فى كمية انبعاثات غاز ثانى اكسيد الكربون نتيجة عدم حرق الوقود التقليدى عند توليد الطاقة الكهربائية، وقد قدر متوسط قيمة هذا الوفر فى العام بنحو 52، 94، 134 مليون دولار للسيناريوهات الثلاث على التوالى خلال الفترة من 2006 وحتى عام 2022، والفئة الثانية وهى الوفر المالى المتمثل فى توفير الدعم المالى المقدم لدعم استهلاك الطاقة غير المتجددة، وقد بلغ متوسط هذا الوفر فى العام نحو 295، 536، 762 مليون دولار للسيناريوهات الثلاث على التوالى خلال ذات الفترة.

---

[1] مركز تحديث الصناعة، " قطاع الطاقة المتجددة فى جمهورية مصر العربية"، مشروع رقم IMC / PS، ديسمبر 2006.

[2] يتمثل الفارق الأساسى بين تكنولوجيا الطاقة الشمسية والخلايا الشمسية الضوئية فى أن الأولى تستخدم فى عمليات التسخين، حيث تقوم المجمعات الشمسية بتجميع الطاقة الشمسية للاستفادة بها فى عمليات التسخين المختلفة، بينما تعمل الخلايا الشمسية الضوئية على تحويل ضوء الشمس إلى كهرباء بدون إنتاج مخلفات ملوثة للهواء.

وفى هذا السياق تمثلت أفضل المجالات التطبيقية للمستهلك فى تسخين المياه بالطاقة الشمسية. وقد أشارت الدراسة إلى أن المنافسة فى مجال تسخين المياه بالطاقة الشمسية تشمل كل من سخانات الغاز والبوتاجاز والكهرباء. ويتوقف العامل الأساسى لجدوى تحويل السخانات التقليدية إلى سخانات شمسية على تكاليف التشغيل. وأشارت الدراسة إلى إن التسخين من خلال الطاقة الشمسية يُعد تنافسى مع التسخين الكهربائى. وقد قامت الدراسة ببناء ثلاث سيناريوهات لتطبيق التسخين الشمسى للمياه فى المنازل بُغية تقدير الوفر المحقق جراء استبدال الطاقة الكهربائية بالطاقة الشمسية. وتمثلت أبرز افتراضات السيناريو الأول فى استبدال نحو 2% من السخانات الكهربائية بالسخانات الشمسية سنوياً، بينما يفترض السيناريو الثانى والثالث استبدال نحو 3,5% و5,5% من هذه السخانات سنوياً على التوالي. ووفقاً لهذه السيناريوهات فقد تم تقدير نسبة الوفر المحقق فى استهلاك الكهرباء فى القطاع المنزلى بحلول عام 2015 بحوالى 9 %، 12% للسيناريو الأول والثالث على التوالي.

ويقتضى إحلال السخانات الكهربائية بالسخانات الشمسية تشجيع التصنيع المحلى لهذه التكنولوجيا، وكذا فتح السوق المحلى للاستثمارات الجديدة فى هذا المجال.

وقامت الدراسة برسم استراتيجية لتفعيل إنتاج واستهلاك الطاقات المتجددة فى السوق. وتمثل الهدف الرئيسى لهذه الاستراتيجية فى وصول تكنولوجيا الطاقة المتجددة إلى مرحلة عالية من النضج الفنى، على النحو الذى يُحقق ربحية مرتفعة ومخاطر تمويلية مقبولة للمستثمرين. لذا تضمنت الاستراتيجية ستة محاور لتحقيق هذه الأهداف على النحو التالى:

المحور الأول: تحديد آليات التمويل الخاصة بدعم تكنولوجيا الطاقة المتجددة.

المحور الثانى: اقتراح تشريعات خاصة بالطاقة المتجددة، والتى تشتمل اقتراح قوانين جديدة لتغذية الطاقة المتجددة فى الشبكة الكهربائية، وكذا قوانين تسعير هذه الطاقة.

المحور الثالث: إعداد برامج خاصة بالبحث والتطوير بهدف رفع القدرات الإنتاجية، وتحسين القدرة التنافسية لصناعة معدات تكنولوجيا الطاقة المتجددة.

المحور الرابع: نشر الوعى بأهمية وكيفية استخدام تكنولوجيات الطاقة المتجددة.

المحور الخامس: تطوير البنية الأساسية لهذه التكنولوجيات مثل إزالة الألغام من الأراضى التى سيتم استخدامها كمحطات لتوليد الطاقة الكهربائية.

المحور السادس: المحور المؤسسى، وقد اقترحت الدراسة إنشاء صندوق دعم الطاقة المتجددة. وحددت الدراسة أبرز اختصاصات هذا الصندوق فى توجيه الموارد المحلية المتوفرة من خلال تصدير الغاز الطبيعى _ الذى سيتم إحلاله بالموارد المتجددة للطاقة _ إلى مجالات البحث العلمى والتطوير التكنولوجى فى تكنولوجيات الطاقة المتجددة.

وفى ضوء ما سبق تُعد هذه الدراسة أحد الدراسات الهامة فى مجال تكنولوجيات الطاقات المتجددة؛ حيث تناولت بالتحليل العديد من القضايا الخاصة بهذه التكنولوجيات، والتى برزت فى الاستراتيجية متعددة الأبعاد التى اقترحتها الدراسة، والمتعلقة بنشر استخدام هذه التكنولوجيا بما يلائم امكانات مصر.

من ناحية أخرى ركزت بعض الدراسات مثل (دراسة **اقتصادات الطاقات المتجددة – الطاقة الشمسية)** على الاستخدامات المختلفة للطاقة الشمسية فى مصر، وعرض اقتصادات هذه التكنولوجيا حالياً ومستقبلاً، وكذلك النواحى البيئية والاقتصادية المصاحبة لاستخدامها. وتطرقت الدراسة إلى العديد من مجالات تكنولوجيا الطاقة الشمسية[1]. واكدت الدراسة على إن التكنولوجيا الوحيدة التى حققت بها مصر تطورات ملموسة هى المجمعات الشمسية المسطحة، إذ حققت مصر تطوراً فى تصنيع هذه السخانات، حيث بلغ المستخدم منها فى مصر نحو 200 ألف سخان حتى عام 1998. ونظراً لاعتماد اقتصادات السخان الشمسى على أسعار الوقود البديل فى ظل الأسعار المدعمة لكليهما، فإنه لا يمكن لهذه السخانات منافسة السخانات الأخرى.

وبالنظر للأبعاد البيئية لتطبيقات هذه التكنولوجيا فقد اكدت الدراسة على أن استخدام 5000 سخان شمسى منزلى يمكنها توفير 1 ميجاوات من قدرات التوليد الكهربائية، ويمكن بواسطتها تفادى انبعاث ما يقرب من نحو 14250 طناً من ثانى اكسيد الكربون سنوياً. وفيما يتعلق بتوقعات استخدام هذه السخانات اشارت الدراسة إلى أن انتشار استخدام هذه السخانات يتوقف على رفع أسعار بدائل الطاقة المتاحة.

وأكدت الدراسة إن تفعيل تطبيق كافة تكنولوجيات الطاقة الشمسية الأخرى يتطلب رسم استراتيجية متكاملة بالشروط التالية:

- تتضمن إعداد برنامج قومى ينسق بين العلماء والباحثين والخبراء فى مجالات الطاقة الشمسية داخل مصر وخارجها.
- توفير الدعم المالى للقطاع الخاص فى هذا المجال من خلال القروض الميسرة ومنح الحوافز المالية والإعفاءات الضريبية والجمركية لمعدات الطاقة المتجددة على نحو عام والطاقة الشمسية على نحو خاص.

[1] وهى المجمعات الشمسية المسطحة ونظم المجففات الشمسية للحاصلات الزراعية ونظم البرك الشمسية لتوليد الكهرباء وإزالة ملوحة الماء، ونظم البرك الشمسية الضحلة، ونظم المداخن الشمسية، ونظم المستقبلات الشمسية المركزة، ونظم الأطباق المركزة ذات القطع المكافئ، ونظم الأطباق المركزة ذات القطع المكافيء الأسطوانى، ونظم الطاقة الشمسية غير الفعالة، وأخيراً الخلايا الفوتوفولطية.

- وضع الآليات والمعايير والمواصفات القياسية بما يتناسب وظروف التشغيل البيئية المساندة لمعدات الطاقة الشمسية مع العمل على مراقبة انتاجها لضمان جودتها.
- إنشاء بنك معلومات للطاقة المتجددة وربطه بشبكة المعلومات الدولية والمحلية بهدف تبادل المعلومات والوقوف على أحدث المتغيرات العالمية فى هذا المجال.
- تفعيل دور المعامل الخاصة بهيئة الطاقة الجديدة والمتجددة فى البحث والتطوير لمعدات الطاقة الشمسية ونظمها والتنسيق وفتح قنوات للاتصال بين الهيئات والجامعات والمعاهد ومراكز البحوث بغرض تحديث التكنولوجيات، وبما يحقق تطويع وخفض تكلفة معدات الطاقة الشمسية.
- إعداد الكوادر الفنية والعلمية والاقتصادية والمالية والقانونية اللازمة لتنفيذ مشروعات الطاقة المتجددة وإجراء التقييم الفنى والاقتصادى.
- دعم التعاون الدولى المشترك مع الدول المتقدمة فى استخدامات الطاقات المتجددة والعمل على المشاركة فى ورش العمل والندوات والمؤتمرات الدولية للاطلاع والوقوف على مستحدثات العلم فى هذا المجال.

وقد تميزت هذه الدراسة بتحليل اقتصادات الطاقة الشمسية حالياً ومستقبلاً، ودراسة الجوانب البيئية والاقتصادية لاستخدامها. فضلاً عن وضعها لاستراتيجية متكاملة لتفعيل إنتاج واستخدام هذه التكنولوجيا.

وعلى الجانب الآخر تناولت مجموعة من الدراسات قضية تعظيم الاستفادة من طاقة الكتلة الحيوية فى مصر. ومن بين هذه الدراسات (دراسة **معوقات استخدام وانتشار طاقة الكتلة الحيوية(البيوجاز) فى الريف المصرى, 1999**[1]) والتى هدفت –باستخدام العينات –التعرف على اتجاهات استخدام البيوجاز فى القطاع الزراعي، وأهم معوقات استخدامه. فضلاً عن التطرق إلى أهم المقترحات اللازمة لتفعيل استخدام وحدات البيوجاز، وأيضاً زيادة استثماراته فى الريف المصرى. وفى هذا الإطار خلصت الدراسة إلى ارتفاع نسبة المعارضين لاستخدام وحدات البيوجاز فى القطاع الزراعى، حيث بلغت هذه النسبة نحو 46,2%، وذلك مقابل انخفاض نسبة المؤيدين لاستخدام هذه الوحدات إلى نحو 15,3%. وارجعت عينة الدراسة ارتفاع نسبة المعارضين لاستخدام هذه الوحدات إلى مجموعة من المعوقات تمثل أهمها فيما يلى:

[1] سعيد عبد المقصود محمد وآخرون." معوقات استخدام وانتشار طاقة الكتلة الحيوية(البيوجاز) فى الريف المصرى"، الملتقى الوطنى لاستراتيجية تنمية طاقة الكتلة الحيوية"البيوماس"، نوفمبر 1999.

- عدم وجود صيانة من قبل المتخصصين لهذه الوحدات، الأمر الذى يؤدى إلى كثرة الأعطال الفنية لهذه الوحدات.
- انخفاض العائد الاقتصادى من هذه الوحدات مقارنة بتكلفة إنشائها.
- سهولة الحصول والتعامل مع مصادر الوقود الاخرى.
- عدم توافر قطع الغيار اللازمة لهذه الوحدات.
- صعوبة الحصول على العمالة اللازمة لتشغيل هذه الوحدات.

ولمواجهة على هذه المعوقات قدمت الدراسة مجموعة المقترحات التالية:

- عقد دورات تدريبية، وتدعيم تكاليف الإنشاء.
- الاهتمام بتقديم كتيبات حول طريقة التشغيل المثلى.
- تطوير طرق ازالة الترسيبات داخل هذه الوحدات، وتزويد الوحدة بموتور لتقليب المخلوط داخل المخمر، وتصنيع جسم الخزان من مواد قادرة على التعامل مع الروث مثل الفيبروجلاس.
- القيام بالدراسة الكافية لظروف كل منطقة قبل إنشاء الوحدات بها، وتغذية وحدة البيوجاز من الأسطبل مباشرة، هذا فضلاً عن الاهتمام بتوفير كتيبات عن طرق التشغيل المثلى وطرق الصيانة الأولية وأقرب مراكز الخدمة.

كما هدفت دراسة **(تكنولوجيا الغاز الحيوى وطاقة الكتلة الحيوية وإمكانات تعظيم استخدامها فى مصر[1], 1999)** إلى تحديد أبرز المعوقات القائمة أمام تعظيم الاستفادة من طاقة الكتلة الحيوية فى مصر، مع القاء الضوء على دور المركز القومى للبحوث فى التغلب عليها. وتمثلت أبرز هذه المعوقات فى :

- انخفاض معدلات انتاج الغاز لانخفاض درجة حرارة الجو فى معظم أجزاء الوطن عن الحرارة المثلى للتخمير، وللتغلب على هذا العائق قدم المركز القومى للبحوث طرق للتسخين تلائم الانواع المختلفة من المخمرات مثل الصوبات الشمسية والتسخين الشمسى بالسخانات الشمسية.
- ارتفاع منسوب المياه السطحية فى معظم أراضى الدلتا مما يعوق إنشاء المخمرات العائلية ويرفع من تكاليف الإنشاء ويقلل انتاجية الغاز، وقد تمكن المركز من تطوير تصميمات مناسبة للمخمرات لا تحتاج لأعماق كبيرة.

---

[1] محمد عبد الفتاح." تكنولوجيا الغاز الحيوى وطاقة الكتلة الحيوية وإمكانيات تعظيم استخدامها فى مصر". الملتقى الوطنى لاستراتيجية تنمية طاقة الكتلة الحيوية" البيوماس"، نوفمبر 1999.

- تكدس المبانى فى القرى الكبيرة الأمر الذى يشكل عائقا امام تسكين الوحدات لدى قطاع كبير من المنتفعين، وفى هذا السياق فقد قام المركز القومى للبحوث _ بالتعاون مع هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة _ بإجراء تخطيط يلائم القرى الجديدة فى المجتمعات الصحراوية ويساعد على إدخال وحدات الغاز الحيوى فى جميع المنازل مما يعظم الاستفادة من هذه التكنولوجيا، إلا ان هذا النموذج واجه بالعديد من الصعوبات التى حالت دوت استكمال تطبيقه.

وفى هذا السياق قدمت الدراسة مجموعة من المقترحات لنشر استخدام تكنولوجيا الغاز الحيوى فى الريف المصرى، ومنها:

- تطوير التشريعات المحفزة لنشر هذه التكنولوجيا، وذلك بإصدار تشريع يدعم انشاء الوحدات التى يثبت جدواها حتى تستطيع منافسة المنتجات البترولية التى تلقى دعما كبيرا من الحكومة، هذا فضلاً عن أهمية إصدار تشريعات تلزم مشروعات الإنتاج الحيوانى ومزارع الدواجن الكبيرة بمعالجة المخلفات مما يساعد فى تحسين الظروف الصحية ونشر تكنولوجيا الغاز الحيوى.
- زيادة تمويل البحث العلمى فى هذا المجال على النحو الذى يسمح باستكمال تطوير وحدات إنتاج الغاز الحيوى بمعدلات عالية و تكلفة منخفضة، وتدارك الوضع الحالى القائم فى القرى التقليدية المكدسة وغير المخططة، وذلك بإدخال وحدات الغاز الحيوى ضمن تخطيط القرى الجديدة فى المجتمعات الصحراوية، وكذا إنشاء ودعم مراكز متخصصة للتدريب على تصميم وإنشاء وتشغيل وصيانة وحدات الغاز الحيوى وذلك فى إطار متكامل يربط بين هذه المراكز والجهات العلمية العاملة فى هذا المجال.

بالرغم من إيلاء هذه الدراسة اهتماماً كبيراً برسم الدعائم الأساسية لاستراتيجيات استخدام الغاز الحيوى فى مصر، إلا أن هذه الاستراتيجيات لم توضع وفقاً لدراسة جدوى اقتصادية تقوم بتقدير العائد المتوقع الحصول عليه من استخدام هذه الطاقة، ومقارنته بتكاليف هذا الاستخدام.

وقد خلص هذا الفصل في ضوء عرضه لأبرز دراسات الطاقات الجديدة والمتجددة في مصر إلى أهمية توسع مصر في مجال استخدام تكنولوجيات الطاقات الجديدة والمتجددة في توليد الكهرباء، فعلى صعيد استخدام الطاقات الجديدة والمتجددة خلص الفصل إلى أن الجدوى الاقتصادية لتوليد الكهرباء باستخدام الطاقة الشمسية وطاقة الرياح تُعد مرتفعة مقارنة بتوليدها من الطاقة المائية. وتتوقف مفاضلة صانع القرار بين هذين البديلين فى توليد الطاقة الكهربائية على مجموعة المعايير التالية:

أ- معيار التكاليف: ترتفع تكاليف توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية بنحو 3% مقارنة بتوليد ذات القدر من طاقة الرياح فى الأجل القصير. وإن كان هذا الاتجاه سيتباين فى المستقبل.

ب- معيار استمرارية تدفق الطاقة: يُعد توليد الكهرباء باستخدام الطاقة الشمسية أقل عرضه للتذبذب والانقطاع مقارنة بتوليد الكهرباء من طاقة الرياح.

ج- معيار الإتاحة: تتوافر الطاقة الشمسية فى مصر خلال فترتى الصيف والشتاء، وذلك بخلاف طاقة الرياح والتى تتعرض للتذبذب وعدم الاستقرار على مدار العام.

د- معيار التحكم: أكدت الدراسة على امكانية تخزين الطاقة الشمسية على النحو الذى يسمح باستمرارية تشغيل محطات توليد الكهرباء، وذلك بخلاف طاقة الرياح والتى لا يمكن تخزينها إلا فى حالة استخدام البطاريات القابلة للشحن.

ه- المساحة المطلوبة لتوليد الكهرباء: تبلغ مساحة الأرض المطلوبة لتطبيق مشروع توليد الكهرباء باستخدام طاقة الرياح 10 أضعاف المساحة المطلوبة لتوليد الطاقة الشمسية.

وفيما يتعلق بالطاقة النووية فقد خلص الفصل إلى ارتفاع الجدوى الاقتصادية لها فى توليد الطاقة الكهربائية مقارنة بمحطات توليد الكهرباء باستخدام الطاقة الشمسية.

ويقتضى تفعيل استخدام المصادر المختلفة للطاقة فى مصر على النحو الكفء بناء استراتيجية متكاملة الأبعاد، وقد حددت هذه الدراسات أبعاد هذه الاستراتيجية فيما يلى:

أ- تحديد آليات التمويل الخاصة بدعم تكنولوجيا الطاقة المتجددة.

ب- اقتراح تشريعات خاصة بالطاقة المتجددة، والتى تشتمل اقتراح قوانين جديده لتغذية الطاقة المتجددة فى الشبكة الكهربائية، وكذا قوانين تسعير هذه الطاقة.

ج- إعداد برامج خاصة بالبحث والتطوير بهدف رفع القدرات الإنتاجية، وتحسين القدرة التنافسية لصناعة معدات تكنولوجيا الطاقة المتجددة.

د- نشر الوعى بأهمية وكيفية استخدام تكنولوجيات الطاقة المتجددة.

ه- تطوير البنية الأساسية لهذه التكنولوجيات مثل إزالة الألغام من الأراضى التى سيتم استخدامها كمحطات لتوليد الطاقة الكهربائية.

و- المحور المؤسسى، وقد اقترحت الدراسة إنشاء صندوق دعم الطاقة المتجددة، وحددت الدراسة ابرز اختصاصات هذا الصندوق فى توجيه الموارد المحلية المتوفرة من خلال تصدير الغاز الطبيعى _ الذى سيتم إحلاله بالموارد المتجددة للطاقة _ إلى مجالات البحث العلمى والتطوير التكنولوجى فى تكنولوجيات الطاقة المتجددة.

وبالرغم من تنوع دراسات الطاقة الجديدة والمتجددة فى مصر؛ حيث تناولت بالدراسة والتحليل العديد من القضايا ذات الصلة بتطوير ونشر تكنولوجيات الطاقات المتجددة فى الأجلين القصير والطويل، إلا أنه يُمكن تحديد مجموعة من الموضوعات التى لم تتطرق إليها هذه الدراسات بنحو مفصل، والتى يُمكن أن تكون محل بحث فى دراسات مستقبلية، وهى على النحو التالى:

- تقدير التكاليف التقريبية لتوليد الكهرباء من المصادر المتجددة فى مصر، وخاصة من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، مما يساهم فى المفاضلة بين هذين المصدرين فى توليد الكهرباء.
- تقدير التكاليف المجتمعية لاستخدام الوقود النووى فى توليد الكهرباء، والتى تُعد محدداً رئيسياً فى اتخاذ قرار بشأن استخدام الطاقة النووية فى مصر.
- تقدير الفجوة المستقبلية بين دوال الطلب الكلى والعرض الكلى للطاقة، على أن يراعى نموذج التقدير تضمين جميع محددات الطلب والعرض فى ضوء النظرية الاقتصادية والتجارب الدولية وخصوصية الاقتصاد المصرى.

الفصل الأول
الوضع الحالى للطاقة فى مصر وقابليته للاستدامة

مقدمة:

يُعد تأمين المصادر الجديدة والمتجددة من الطاقة أحد المصادر الرئيسية اللازمة لتحقيق التنمية المستدامة في كافة الدول النامية والمتقدمة على حدٍ سواء، الأمر الذي يتطلب توفير الكميات المطلوبة من مصادر الطاقة المختلفة على نحو مستمر يتناسب مع معدلات النمو الاقتصادي المتحققة والمستهدفة على حد سواء. وتكتسب هذه القضية أهمية كبرى في مصر لمواجهتها للعديد من التحديات، والتى يتمثل أبرزها فيما يلي:

- زيادة الطلب المحلى على الطاقة لزيادة معدل النمو السكاني في مصر[1]، وارتفاع معدل النمو الاقتصادي المستهدف تحقيقه[2].
- ظهور احتياجات جديدة متوقعة لاستخدامات الطاقة من أبرزها استخدام الطاقة لتحلية مياه البحر لمواجهة النقص المستقبلي المتوقع في المياه العذبة.
- تراجع عرض الطاقة، لتراجع المخزون من مصادر الطاقة غير المتجددة[3].
- أهمية الحفاظ على حقوق الأجيال القادمة فى موارد الطاقة غير المتجددة، والتى تعد أحد متطلبات التنمية المستدامة التى يجب على مصر تحقيقها.
- ضعف الإمكانات المحلية فى تصنيع ونشر استخدام تكنولوجيات الطاقة المتجددة[4].

وفى هذا السياق يهدف هذا الفصل إلى تحليل الوضع الحالي لقطاع الطاقة في مصر على النحو الذي يساهم في إبراز التحديات التي تواجهها مصر في مجال الوقود الأحفوري واستخدامات الطاقة الجديدة والمتجددة. حيث يتناول أهم مؤشرات الطاقة الأولية من حيث الإنتاج والاستهلاك والاحتياطي في مصر، وكذلك تحليل تطور إنتاج واستهلاك المنتجات البترولية خلال الفترة (2001/2000-2013/2012). بالإضافة إلى تطور إنتاج واستهلاك الطاقة الكهربائية في مصر خلال الفترة من (2010/2009-2013/2012). ويرجع السبب الرئيسي لطول الفترة الزمنية المختارة لتحليل إنتاج واستهلاك المنتجات البترولية مقارنة بالكهرباء، الى التذبذب الشديد في إنتاج واستهلاك المنتجات البترولية خلال هذه الفترة الزمنية مقارنة بإنتاج

---

[1] ارتفع معدل نمو استهلاك المنتجات البترولية والغاز الطبيعى بنحو 4.9% خلال عام 2012 مقارنة بعام 2011.

المصدر: وزارة البترول والثروة المعدنية، http://www.petroleum.gov.eg

[2] تستهدف وزارة التخطيط رفع معدل نمو الناتج المحلى الإجمالى الحقيقى إلى نحو 3.8% خلال عام 2014/2013.

المصدر: خطة عام 2014/2013، وزارة التخطيط والتعاون الدولى، http://www.mop.gov.eg

[3] تراجع الإحتياطى المؤكد من الزيت الخام بنحو 1.3%، كما تراجع الإحتياطى المؤكد من الغاز الطبيعى بنحو 0.38 % وذلك خلال 2012 مقارنة بعام 2011.

المصدر: وزارة البترول والثروة المعدنية.http://www.petroleum.gov.eg

[4]مركز تحديث الصناعة(2006)." قطاع الطاقة المتجددة فى جمهورية مصر العربية" مشروع رقم(IMC/ps217).

واستهلاك الكهرباء، الأمر الذي تطلب رصد هذه التذبذبات لدراسة أسبابها ومن ثم رسم السياسات الملائمة لمواجهتها.

أولاً: الطاقة الأولية فى مصر:

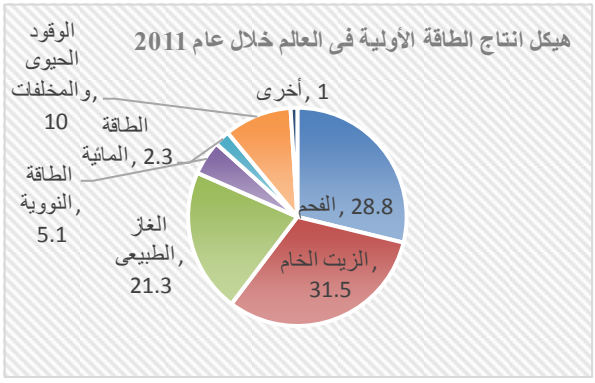
يتناول هذا الجزء أهم مؤشرات الطاقة الأولية فى مصر ممثلة فى البترول والغاز الطبيعى وأهم التحديات التى تواجهها.

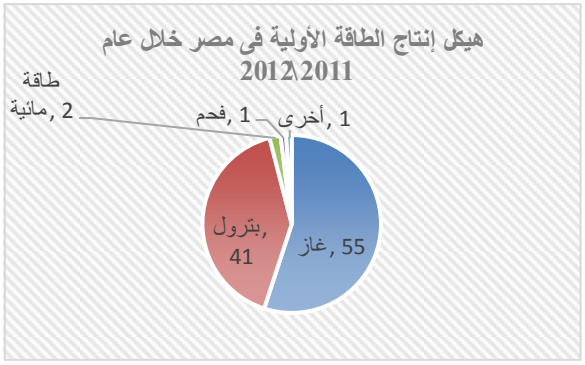
1- هيكل إنتاج الطاقة الأولية:

يتركز معظم إنتاج الطاقة الأولية فى مصر فى الوقود الأحفورى (البترول والغاز الطبيعى)، حيث بلغت نسبة إنتاج الزيت الخام والمتكثفات والغاز الطبيعى نحو 96% من إجمالى إنتاج الطاقة الأولية فى مصر، بينما بلغت نسبة إنتاج المصادر الجديدة والمتجددة نحو 4%خلال عام 2012/2011.

وبمقارنة هيكل إنتاج الطاقة الأولية فى مصر بمثيله على المستوى العالمى يتضح تباينه فى العديد من الجوانب، من أبرزها توجه العالم نحو مزيد من الاعتماد على المصادر الجديدة والمتجددة فى هيكل الإنتاج، وذلك مقابل تراجع الاعتماد على المصادر غير المتجددة من الطاقة؛ حيث بلغت نسبة إنتاج الوقود الأحفورى والفحم نحو 81,6%، بينما شكلت نسبة إنتاج الطاقات الجديدة والمتجددة حوالى 18,4% من إجمالى إنتاج الطاقة الأولية على المستوى العالمى خلال عام 2011، هذا فضلاً عن تنوع هيكل إنتاج الطاقة الأولية فى العالم مقارنة بمصر، حيث بدأت العديد من دول العالم فى تكثيف إنتاج الفحم فى هيكل إنتاج الطاقة لديها، وقد شكلت هذه النسبة فى دول العالم خلال عام 2011 نحو 28,8%، وذلك مقابل 1% فى مصر(شكل(1-1)).

شكل(1-1): هيكل إنتاج الطاقة الأولية في مصر والعالم





المصدر: وزارة البترول، الموقع الإلكترونى للوزارة.

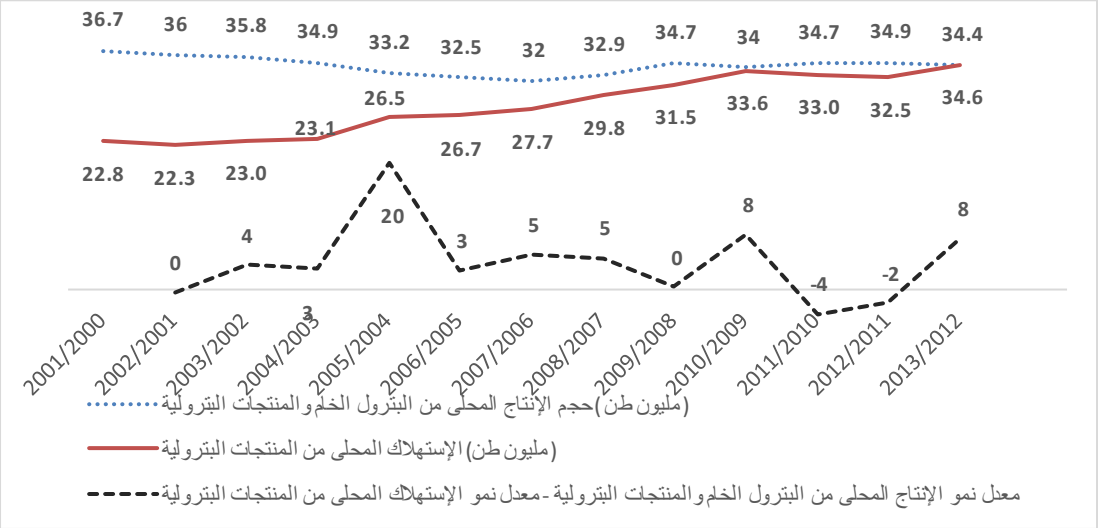
IEA, Key World Energy Statistics, 2013.

2- تطور إنتاج واستهلاك الزيت الخام والمتكثفات والبوتاجاز والغاز الطبيعي:

يظهر تتبع حجم الإنتاج المحلى من البترول الخام والمنتجات البترولية والاستهلاك المحلى من المنتجات البترولية، عن تراجع نسبة تغطية الإنتاج للاستهلاك المحلى. فخلال عام 2001/2000 بلغت نسبة تغطية الإنتاج للاستهلاك المحلى نحو 161%، وقد انخفضت هذه النسبة تدريجياً حتى وصلت أدناها نحو 99% خلال عام 2013/2012، وذلك لتراجع فجوة الإنتاج والاستهلاك المحلى من البترول بنحو 0,2 مليون طن مكافئ (شكل (1-2)).

وترجع أبرز أسباب تراجع قيم مؤشر تغطية الإنتاج للاستهلاك المحلى من البترول إلى تسجيل معدلات نمو الإنتاج المحلى من البترول الخام والمنتجات البترولية قيماً سالبة خلال معظم سنوات التحليل، باستثناء الأعوام 2008/2007 و2009/2008 و2011/2010 و2012/2011 والتى حققت بها معدلات نمو الإنتاج قيماً موجبة بلغت نحو 2,8% و5,5% و2.1% و0.6% على التوالى، بينما حقق الاستهلاك المحلى من المنتجات البترولية معدلات نمو موجبه خلال معظم سنوات التحليل بلغت أقصاها نحو 15% خلال عام 2005/2004 ، هذا فضلاً عن ارتفاع معدلات نمو الاستهلاك المحلى عن الإنتاج المحلى للبترول خلال معظم فترات التحليل، وقد بلغ الفرق بين هذين المعدلين أقصاه خلال عام 2005/2004 نحو 20% كما يتضح من الشكل التالى(1-2):

شكل(1-2): تطور الإنتاج المحلى من البترول الخام والمنتجات البترولية والاستهلاك المحلى من المنتجات البترولية خلال الفترة (2013/2012-2001/2000)

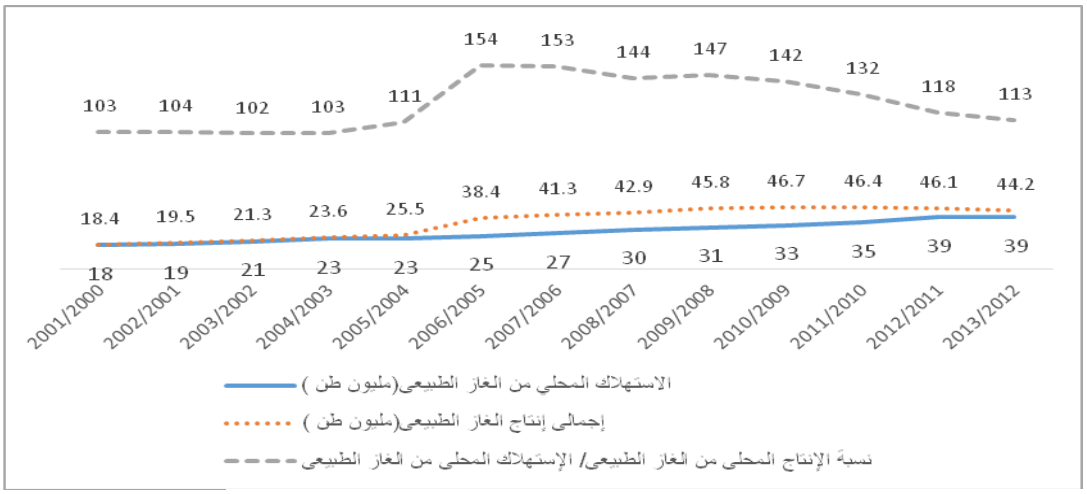


المصدر: بوابة معلومات مصر، نقلاً عن وزارة البترول،http://www.eip.gov.eg

وعلى الجانب الأخر يظهر تتبع معدل نمو إنتاج الغاز الطبيعي عن تسجيله لمعدلات نمو متذبذبة ومتراجعة في المتوسط خلال فترة التحليل؛ حيث سجل معدل النمو 6% خلال عام 2002/2001، وقد ارتفع هذا المعدل ليسجل نحو 11% خلال عام 2004/2003، وبالرغم من انخفاض هذا المعدل إلى 8% خلال عام 2005/2004 إلا أنه عاود الارتفاع مرة أخرى ليسجل معدل نمو قياسى بلغ 51% خلال عام 2006/2005، وقد عاود هذا المعدل انخفاضه مرة أخرى ليبلغ مستويات سالبة بلغت 1% و4% خلال عامى 2012/2011 و2013/2012 على التوالى(شكل(1-3)).

وبالمثل أيضاً حقق معدل نمو الاستهلاك المحلى من الغاز الطبيعي معدلات موجبة وإن كانت متذبذبة خلال فترة الدراسة، وقد بلغ هذا المعدل أقصاه نحو 11% خلال الأعوام 2003/2002 و2004/2003 و2012/2011 على التوالى وأدناه نحو0,3% فى عام 2013/2012 (شكل(1-3)).

شكل (1-3): تطور إنتاج واستهلاك الغاز الطبيعى خلال الفترة (2001/2000-2012/2013)



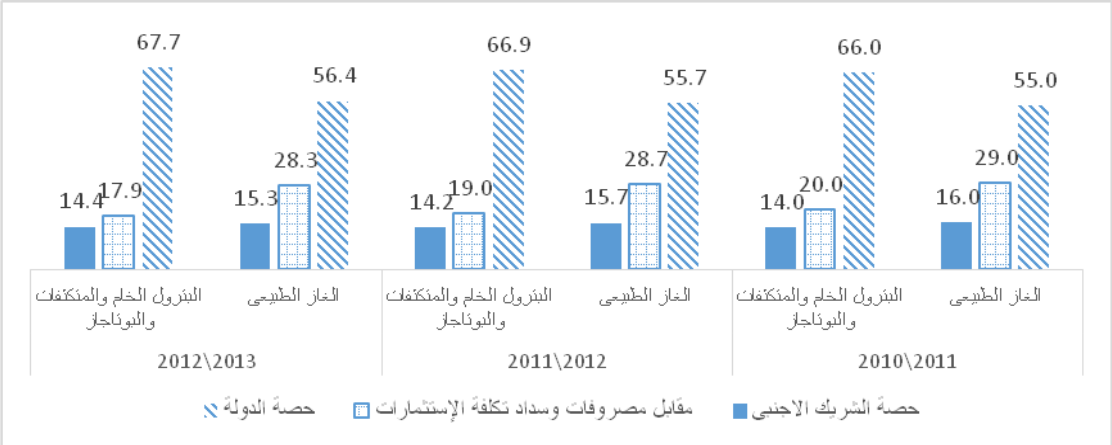
المصدر: بوابة معلومات مصر، نقلاً عن وزارة البترول، http://www.eip.gov.eg

وقد صاحب تذبذب الإنتاج والاستهلاك المحلى من الغاز الطبيعي أيضاً تذبذب مؤشر تغطية الإنتاج للاستهلاك المحلى من الغاز الطبيعي، حيث بلغت قيمة هذه النسبة فى المتوسط نحو 103% خلال الفترة (2004/2003-2001/2000)، وقد ارتفعت قيمة هذا المؤشر إلى نحو 154% خلال عام 2006/2005، ثم انخفضت إلى 144% خلال عام 2008/2007، وقد عاود هذا المؤشر ارتفاعه مرة أخرى إلى نحو147% خلال عام 2009/2008، ثم انخفاضه مرة أخرى خلال الفترة التالية حتى وصل إلى قيم منخفضة نسبياً نحو 113% خلال عام 2013/2012(شكل(1-3)).

ويمثل تراجع مؤشر نسبة تغطية الإنتاج المحلى للاستهلاك المحلى للبترول وتذبذبه للغاز الطبيعى أحد الإشارات الدالة على أهمية تطوير مصادر بديلة للوقود الأحفوري متمثلة فى المصادر الجديدة والمتجددة، والتى تتسم بخاصية عدم النفاد والتجدد المستمر، وكذلك الطاقة النووية - مع الأخذ في الاعتبار المحاذير البيئية الخاصة باستخدامها - على النحو الذى يساهم فى سد فجوة الإنتاج المحلى للوقود الأحفوري.

ويظهر هيكل توزيع حصص الإنتاج من الزيت الخام والغاز الطبيعى بين مصر والشريك الأجنبي ثباتاً نسبياً خلال الفترة (2013/2012-2011/2010)، حيث بلغت حصة مصر من البترول الخام والمتكثفات والبوتاجاز أقصاها نحو 66,9% فى عام 2012/2011، وأدناها نحو 66% فى عام 2012/2011. كما بلغت حصة الشريك الأجنبى من الإنتاج فى المتوسط نحو 14%، كما يتضح من الشكل(1-4).

شكل(1-4): تقسيم حصة الإنتاج بين الهيئة المصرية العامة للبترول والشريك الأجنبى خلال الفترة (2013/2012-2011/2010) (%)



المصدر: وزارة البترول، تقرير نتائج أعمال قطاع البترول، تقارير عديدة غير منشورة.

كما تجاوزت حصة الإنتاج المحلى من الغاز الطبيعى لمصر حصة الشريك الأجنبي، وبالمثل حققت هذه النسب ثباتاً نسبياً، حيث بلغت حصة مصر فى المتوسط نحو 55,7 % وحصة الشريك الأجنبى نحو 15,6%(شكل((1-4)).

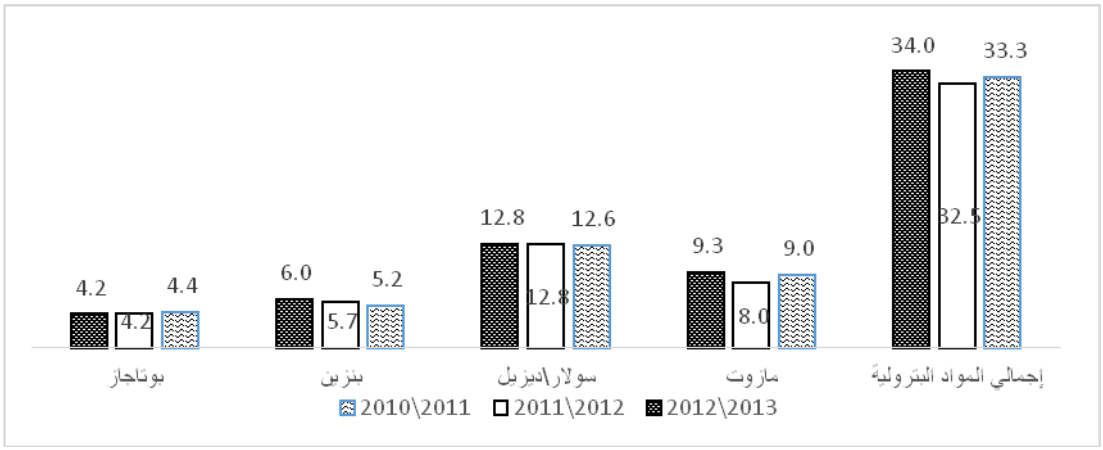
وفى ضوء الارتفاع الحالى لفاتورة الدعم الموجهة للمنتجات البترولية، والتى تتضمن فى جزء منها شراء جزء من حصة الشريك الأجنبى بالأسعار العالمية لتغطية عجز الإنتاج المحلى عن الاستهلاك المحلى، تبرز أهمية مراجعة اتفاقيات توزيع حصص إنتاج البترول والغاز الطبيعى بين كل من الهيئة المصرية العامة للبترول والشريك الأجنبى.

وبتتبع اتجاه تطور استهلاك المنتجات البترولية خلال الفترة (2011/2010-2013/2012)، يُلاحظ تسجيل استهلاك المازوت والبوتاجاز انخفاضاً بنحو 11% و4,5% على التوالى خلال عام 2012/2011، ثم ارتفاعاً للمازوت بنحو 16% وثباتاً للبوتاجاز فى عام 2013/2012 (شكل(1-5)).

كما يُلاحظ أيضاً ارتفاع استهلاك البنزين بنحو 9,6% و5,2% خلال عامى 2012/2011 و2013/2012 على التوالى، وارتفاع استهلاك السولار بنحو 1,5% فى عام 2012/2011، وثباته فى عام 2013/2012.

شكل(1-5): تطور استهلاك المنتجات البترولية خلال الفترة (2013/2012-2011/2010)

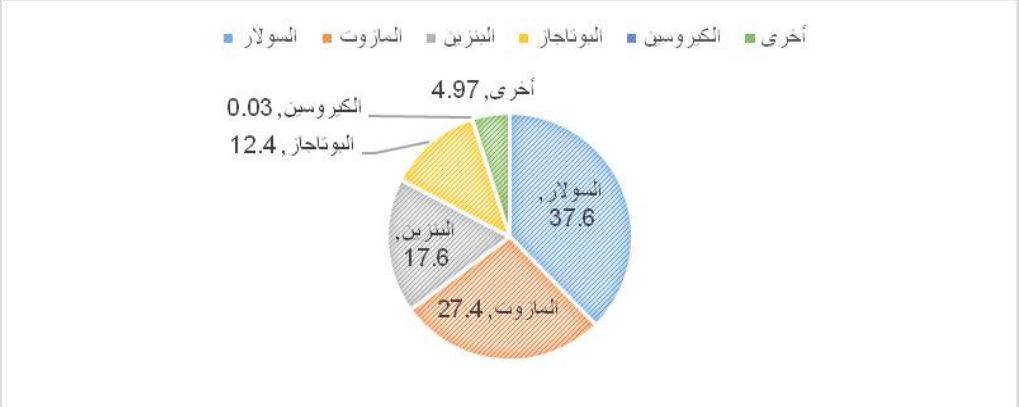
(مليون طن)



المصدر: وزارة البترول، تقرير نتائج أعمال قطاع البترول، عدد من السنوات، بيانات غير منشورة.

وبدراسة هيكل استهلاك المنتجات البترولية، وفقاً للبيانات الواردة فى تقرير نتائج أعمال قطاع البترول لعام 2013/2012، يلاحظ أن السولار يأتى على رأس قائمة المنتجات الأكثر استهلاكاً فى مصر، حيث بلغت نسبة استهلاك السولار من إجمالى استهلاك المنتجات البترولية نحو 37,6%، بينما جاء المازوت فى المرتبة الثانية بنسبة بلغت حوالى 27,4%، والبنزين فى المرتبة الثالثة نحو 17,6%، ثم البوتاجاز 12,4%، وأخيراً الكيروسين بنسبة منخفضة بلغت حوالى 0,03%.

شكل(1-6): هيكل استهلاك المنتجات البترولية فى عام 2013/2012



المصدر: وزارة البترول، تقرير نتائج أعمال قطاع البترول لعام 2013/2012، بيانات غير منشورة.

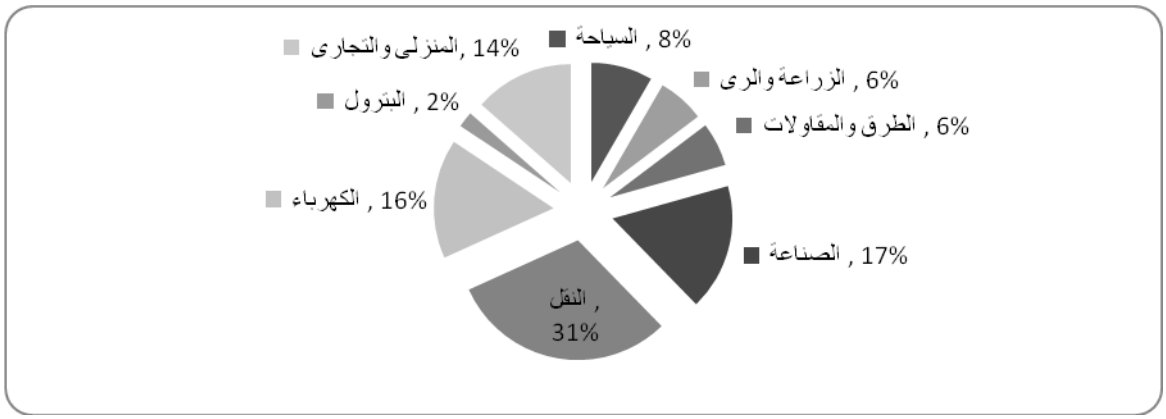
وبدراسة التوزيع القطاعى لاستهلاك المنتجات البترولية فى عام 2011/2010 يلاحظ أن قطاع النقل يستأثر بالنصيب الأكبر من إجمالى استهلاك هذه المنتجات، حيث بلغت نسبة استهلاك هذا القطاع من إجمالى الاستهلاك نحو 31%، موزعة على استهلاك كل من البنزين

بنسبة 51%، والترباين بنسبة 6%، والسولار بنسبة 37%، والنسبة الباقية نحو 6% لباقى المنتجات. وجاء قطاع الصناعة فى المرتبة الثانية بنسبة 17%، موزعة على استهلاك المازوت بنسبة 57%، والسولار بنسبة 35%، والكيروسين بنسبة 1%، ونحو 7% موجهة لاستهلاك باقى المنتجات البترولية. كما جاء قطاع الكهرباء فى المرتبة الثالثة بنسبة 16%. أما فيما يتعلق بالقطاع المنزلى والتجارى فقد احتل المرتبة الرابعة بنسبة بلغت 14%، موزعة على استهلاك البوتاجاز بنسبة 98%، والكيروسين بنسبة 2%.

كما جاء قطاع السياحة فى المرتبة الخامسة، حيث بلغت نسبة استهلاكه نحو 8%. وقد جاء قطاعى النقل والمقاولات والزراعة والري في المرتبة السادسة بنسبة بلغت 6%.

وأخيراً سجل قطاع البترول أقل نسبة من استهلاك المنتجات البترولية، حيث بلغت نحو 2%، موزعة على استهلاك السولار بنسبة 79%، ونحو 17% لاستهلاك المازوت، والنسبة الباقية 4% يتم توجيهها لاستهلاك المنتجات الأخرى (شكل(1-7)).

شكل(1-7): التوزيع القطاعى لاستهلاك المنتجات البترولية فى عام 2010 /2011



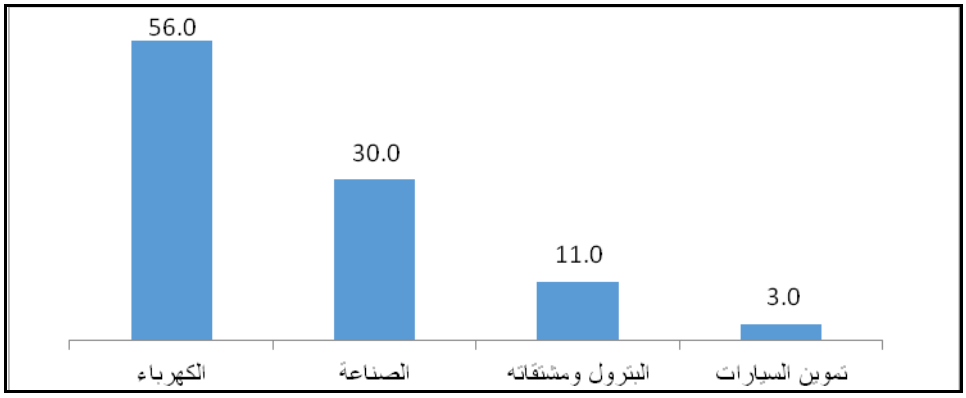
المصدر: الهيئة العامة للبترول، بيانات غير منشورة.

وفى ضوء تراجع معدلات إنتاج البترول وارتفاع معدلات استهلاكه، يتطلب الأمر مراجعة سياسات تسعير المنتجات البترولية التى يحصل عليها قطاعي النقل والصناعة باعتبارهما من أكثر القطاعات استهلاكاً لهذه المنتجات بنحو 48% من إجمالى الاستهلاك، وذلك كأحد الوسائل التى من خلالها يُمكن ترشيد استخدام المنتجات البترولية.

ويتباين التوزيع القطاعى لاستهلاك الغاز الطبيعى عن مثيله لاستهلاك المنتجات البترولية، فقد جاء قطاع الكهرباء فى المرتبة الأولى، حيث بلغت حصته نحو 56% من إجمالى استهلاك الغاز الطبيعى، وجاء قطاع الصناعة في المرتبة الثانية بنسبة 30%، بينما يستهلك قطاع البترول ومنتجاته نحو 11% من استهلاك الغاز، كما جاء تموين السيارات والمنازل فى المرتبة الأخيرة بنسبة 3% وذلك فى عام 2010/2009.

شكل(1-8): التوزيع القطاعى لاستهلاك الغاز الطبيعى فى عام 2010/2009

(%)

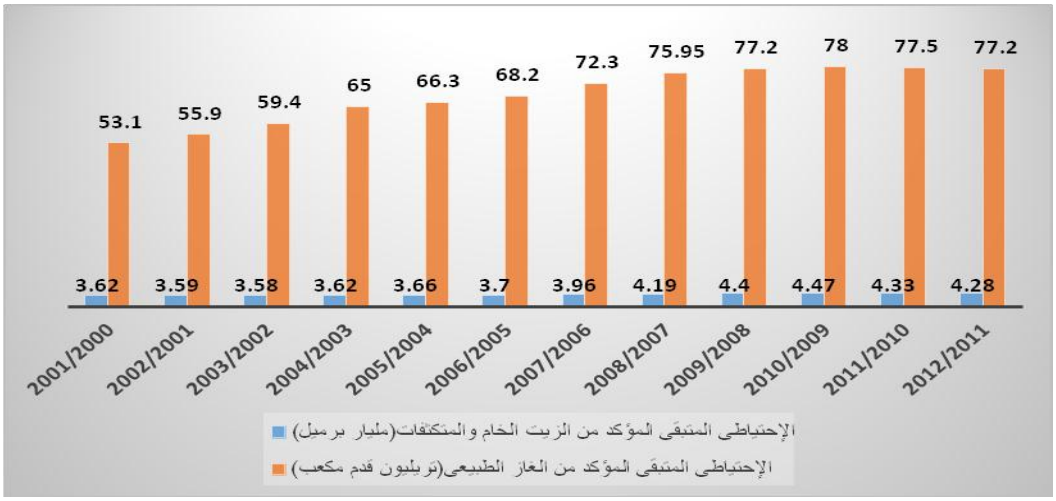


المصدر: وزارة البترول، الموقع الإلكترونى للوزارة.

3-احتياطيات الزيت الخام والغاز الطبيعى:

سجلت احتياطيات مصر من الزيت الخام والغاز الطبيعى تذبذباً خلال الفترة (2012/2011-2001/2000). حيث سجل الإحتياطى المتبقى المؤكد من الزيت الخام والمتكثفات معدل نمو سالب بلغ نحو -0,8%، -0,3% خلال عامى 2002/2001، 2003/2002 على التوالى، وقد عاود هذا المعدل ارتفاعه خلال السنوات التالية ليسجل أقصى قيمة له 7% فى عام 2007/2006، ثم انخفاضه مرة أخرى ليسجل قيماً سالبة بلغت نحو -3,1%، -1,2% خلال عامى 2011/2010، 2012/2011 على التوالى كما يتضح من الشكل (1-9).

شكل (1-9): تطور الإحتياطى المؤكد من الزيت الخام والمتكثفات والغاز الطبيعى خلال الفترة (2012/2011-2001/2000)



المصدر: بوابة معلومات مصر نقلاً عن وزارة البترول.

وبالمثل حقق معدل نمو الاحتياطيات المؤكدة من الغاز الطبيعى أيضاً تذبذباً خلال ذات الفترة، حيث حقق هذا المعدل تزايداً خلال الفترة (2002/2001 - 2004/2003)، ثم تراجعاً شديداً ليصل إلى -0,6%، -0,4% خلال عامى 2011/2010، 2012/2011، وذلك مقابل نحو 5,3% فى عام 2002/2001.

وقد ترجع أبرز أسباب التراجع الشديد فى احتياطيات البترول والغاز الطبيعى إلى تراجع حجم الاستثمارات المحلية فى هذين المجالين، حيث تراجعت الاستثمارات البترولية بحوالى 28%، 6,7% خلال عامى 2011/2010، 2012/2011 على التوالى[1]، ويُمكن أن يعزى ذلك إلى عدم الاستقرار السياسى خلال هذه الفترة.

وبمقارنة نسبة الإحتياطى المؤكد من البترول إلى المتاح عالمياً يتضح تضاؤلها، حيث بلغت هذه النسبة فى المتوسط 0,37% من حجم الاحتياطيات العالمية، وكذلك منخفضة مقارنة بمثيلاتها فى بعض دول منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول(أوابك)، حيث تبلغ هذه النسبة نحو 0,45% فى عمان، 2% فى قطر، 8,33% فى الكويت[2].

[1] وزارة التخطيط، تقارير متابعة خطة التنمية الاقتصادية والاجتماعية، أعداد مختلفة.

[2] تم حسابه من تقرير أوابك، التقرير الإحصائى السنوى، 2013، ص 10.

كما بلغت نسبة احتياطيات مصر من الغاز الطبيعى فى المتوسط نحو 1,15% من الاحتياطيات المؤكدة للغاز الطبيعى على المستوى العالمى خلال الفترة (2009/2008-2012/2011). وبالرغم من محدودية هذه النسبة إلا أنها تعد مرتفعة نسبياً مقابل مثيلاتها في دول المقارنة، حيث بلغت هذه النسبة نحو 0,95%، 0,40% في الكويت وعمان على التوالى، باستثناء قطر التى وصلت هذه النسبة فيها نحو 13,39%[1].

وبالنظر إلى عدد السنوات المتوقع أن ينفد خلالها البترول، فيُلاحظ انخفاضها فى مصر مقارنة بدول العالم، حيث قُدرت هذه الفترة بالنسبة لمصر بنحو 17 عاماً مقابل 46 عاماً على مستوى العالم. ويسرى هذا الأمر أيضاً على مؤشر نفاد الغاز الطبيعى، حيُث قدرت هذه الفترة بنحو 35 عاماً بالنسبة لمصر مقابل 57 عاماً على المستوى العالمى، وذلك خلال عام 2011/ 2102[2].

ويشير تراجع مؤشر نفاد البترول والغاز الطبيعى، وكذلك تذبذب الاحتياطيات منهما إلى أن مصر بدأت فى استنفاد الاحتياطيات المتاحة لديها، وهو الأمر الذى سيفرض عليها إما اللجوء إلى الاستيراد لتغطية الاستهلاك المحلى، ومن ثم زيادة قيمة الدعم الموجه للمنتجات البترولية، أو اللجوء إلى تطوير مصادر بديلة متجددة للطاقة.

ثانياً: إنتاج واستهلاك الكهرباء :

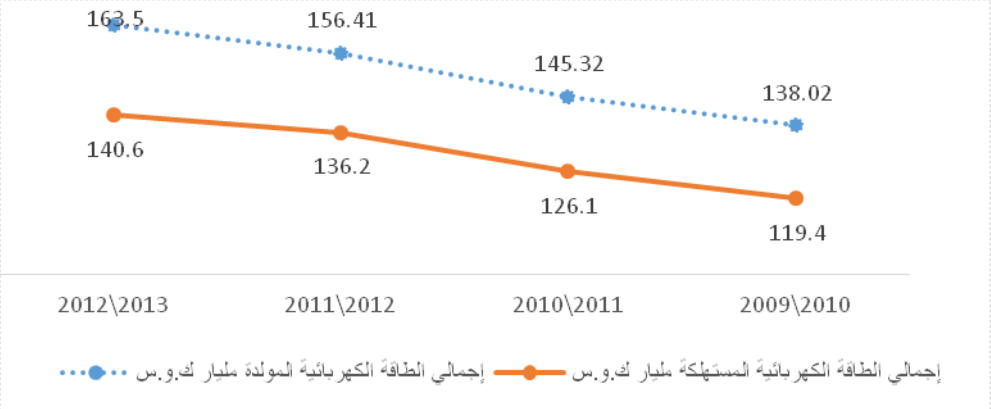
حقق إنتاج الكهرباء معدلات نمو موجبة بنحو 5,3%، 7,6%، 4,5% خلال أعوام 2011/2010، 2012/2011، 2013/2012 على التوالى. وترجع أهم أسباب ارتفاع معدلات نمو الإنتاج إلى ارتفاع معدل الاستثمار فى قطاع الكهرباء، الذى وصل إلى نحو 6,2%، 8,8% خلال عامى 2011/2010، 2012/2011 على التوالى _ باستثناء عام 2013/2012 الذى تراجعت خلاله الاستثمارات المحلية بنحو 14,6%- وبالمثل أيضاً حقق استهلاك الكهرباء معدلات نمو موجبة بلغت نحو 5,6%، 8%، 3,2% خلال ذات الفترة على التوالى.

[1] تم حسابه من تقرير أوابك، المصدر السابق، ص 16.

[2] تم حساب هذا المؤشر من واقع بيانات الاحتياطيات والإنتاج المتاحة بتقرير أوابك من خلال الصيغة التالية: مؤشر النفاد= كمية الاحتياطيات/ كمية الإنتاج. ولمعرفة الإحصاءات التى تم الاعتماد عليها فى حساب المؤشر أنظر ملحق (1).

ويتضح من شكل(1-10) ارتفاع إنتاج الكهرباء مقارنة باستهلاكها. حيث بلغ هذا الفارق أقصاه (نحو 22,9 مليار ك.و.س خلال عام 2013/2012). وقد صاحب تجاوز إنتاج الكهرباء للاستهلاك منها تخطى مؤشر تغطية الإنتاج للاستهلاك لحاجز ال100%، حيث بلغ هذا المؤشر فى المتوسط نحو 115,4% خلال هذه الفترة.

شكل(1-10): تطور إنتاج واستهلاك الكهرباء خلال الفترة (2013/2012-2010/2009)
مليار(ك.و.س)

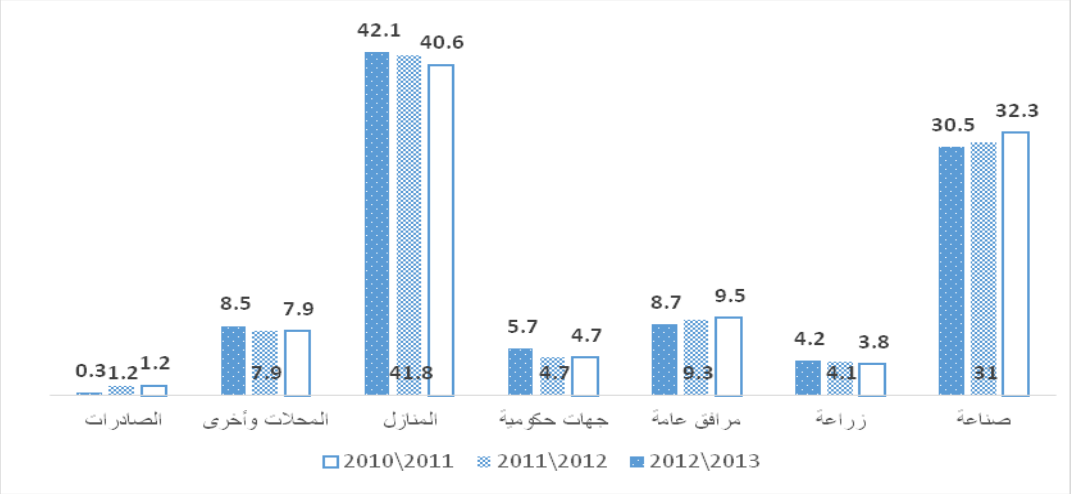


المصدر: تقارير متابعة خطط التنمية الاقتصادية والاجتماعية، وزارة التخطيط والتعاون الدولى، أعداد مختلفة نقلاً عن وزارة الكهرباء.

وبالنظر إلى التوزيع القطاعى لاستهلاك الكهرباء يلاحظ مجىء القطاع المنزلى فى المرتبة الأولى؛ حيث بلغت نسبة استهلاك هذا القطاع من إجمالى استهلاك الكهرباء فى المتوسط نحو 41,5%، بينما جاء القطاع الصناعى فى المرتبة الثانية بنسبة بلغت 31,3%، وفى المرتبة الثالثة قطاع المرافق العامة نحو 9,2%، وفى المرتبة الرابعة قطاع المحلات التجارية نحو 8,1% ، وفى المرتبة الخامسة الجهات الحكومية بنسبة بلغت 5%، وفى المرتبة السادسة قطاع الزراعة بنسبة 4%، وفى المرتبة السابعة القطاع الخارجى نحو 0,9% خلال الفترة (2013/2012-2011/2010) (شكل(1-11)).

وبتتبع اتجاه استهلاك القطاعات الاقتصادية المختلفة خلال هذه الفترة يُلاحظ ارتفاع استهلاك قطاع الزراعة والمنازل والمحلات والجهات الحكومية خلال هذه الفترة، وذلك مقابل تراجع استهلاك قطاع المرافق العامة والصادرات.

شكل(1-11): التوزيع القطاعى لاستهلاك الكهرباء خلال الفترة (2013/2012-2011/2010)

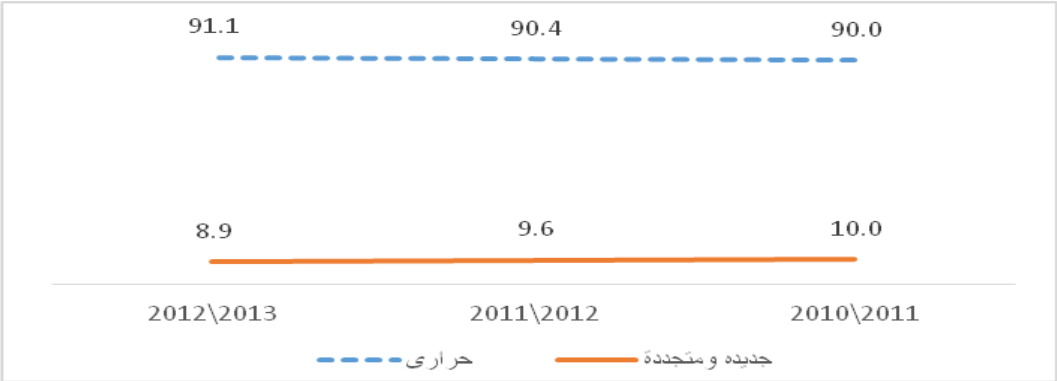


المصدر: تقارير متابعة خطط التنمية الاقتصادية والاجتماعية، وزارة التخطيط والتعاون الدولى، أعداد مختلفة نقلاً عن وزارة الكهرباء.

وبالرغم من قيام المجلس الأعلى للطاقة فى عام 2008 بوضع هدفاً استراتيجياً يتمثل فى تحقيق نسبة 20% من توليد الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة بحلول عام 2020، وأن تكون النسبة الأكبر من طاقة الرياح بنحو 12% ـ وذلك لانخفاض تكلفتها مقارنة بالمصادر الأخرى الجديدة والمتجددة ـ والطاقة الكهرومائية بنسبة 6%، أما الطاقة الشمسية فستقوم بدور محدود إلى أن تكون ذات تنافسية اقتصادية مع المصادر الأخرى من الطاقة الجديدة والمتجددة. إلا أنه ما زالت هذه الاستراتيجية بعيدة عن تنوع مصادر الطاقة فى توليد الكهرباء، حيث يظهر هيكل إنتاج الكهرباء استحواذ الطاقة الحرارية على النصيب الأكبر فى توليد الكهرباء مقارنة بمصادر الطاقة الجديدة والمتجددة. وقد سجلت الطاقة الحرارية لمعدلات نمو مرتفعة في توليد الكهرباء بلغت حوالى 0,44% و0,77% خلال عامى 2012/2011 ، 2013/2012 على التوالى، وذلك مقابل تراجع استخدام مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة فى هيكل التوليد بنحو 4% و7,3% خلال هذين العامين على التوالى(شكل(1-12)).

شكل(1-12): تطور استخدام الوقود الأحفورى والطاقة الجديدة والمتجددة في توليد الكهرباء خلال الفترة (2013/2012-2011/2010)

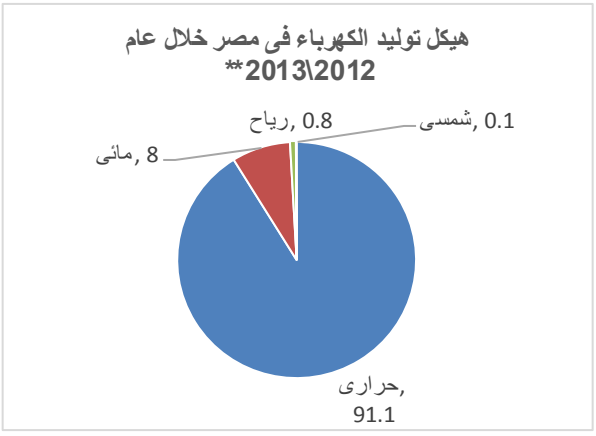
(%)

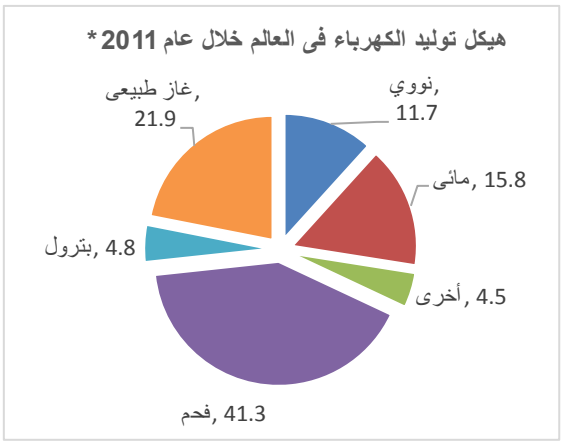


المصدر: تقارير متابعة خطط التنمية الاقتصادية والاجتماعية، وزارة التخطيط والتعاون الدولى، أعداد مختلفة نقلاً عن وزارة الكهرباء.

وبالنظر إلى هيكل إنتاج الكهرباء فى عام 2013/2012، يُلاحظ استحواذ الطاقة الحرارية على النصيب الأكبر في هيكل توليد الكهرباء نحو 91,1%، بينما جاءت الطاقة المائية فى المرتبة الثانية بنسبة بلغت 8%، وطاقة الرياح في المرتبة الثالثة بنسبة بلغت 0,8%، بينما جاءت الطاقة الشمسية فى المرتبة الأخيرة بنسبة بلغت حوالى 0,1%(شكل(1-13)).

شكل(1-13): هيكل توليد الكهرباء فى مصر والعالم





**** تقارير متابعة خطط التنمية الاقتصادية والاجتماعية، وزارة التخطيط والتعاون الدولى،2013/2012.**

***IEA, Key World Energy Statistics, 2013.**

ويتباين هيكل إنتاج الطاقة فى مصر عن نظيره فى العالم، حيث بدأ العالم فى التوجه نحو استخدام الفحم والوقود النووى والطاقة الجديدة والمتجددة فى مقابل تراجع الاعتماد على الوقود الأحفورى(البترول والغاز الطبيعى)، وفى هذا الإطار استحوذ الفحم على النصيب الأكبر فى هيكل توليد الكهرباء بنحو 41,3%، على المستوى العالمى فى عام 2011، بينما تضاءلت نسبة البترول والغاز الطبيعى فى توليد الكهرباء، حيث بلغت نحو 26,7%، بينما جاءت الطاقة المائية فى المرتبة الثالثة بنحو 15,8%، وقد جاء الوقود النووى فى المرتبة الرابعة بحوالى 11,7%، والنسب الباقية نحو 4,5% للطاقة الجديدة والمتجددة الأخرى (شكل(1-13)).

وقد خلص هذا الفصل إلى أن تأمين المصادر الجديدة والمتجددة من الطاقة يُعد أحد المصادر اللازمة لتحقيق التنمية المستدامة فى الدول النامية والمتقدمة على حد سواء. وتكتسب هذه القضية أهمية كبرى فى مصر لمواجهتها للعديد من التحديات، من أبرزها:

- زيادة الطلب المحلى على الطاقة لزيادة معدل النمو السكانى فى مصر، وارتفاع معدل النمو الاقتصادى المستهدف تحقيقه. فضلاً عن ظهور احتياجات جديدة متوقعة لاستخدامات الطاقة من أبرزها استخدام الطاقة لتحلية مياه البحر لمواجهة النقص المستقبلى المتوقع فى المياه العذبة.
- تراجع عرض الطاقة، لتراجع المخزون من مصادر الطاقة غير المتجددة.
- أهمية الحفاظ على حقوق الأجيال القادمة فى موارد الطاقة غير المتجددة، والتى تعد أحد متطلبات التنمية المستدامة التى يجب على مصر تحقيقها.

ضعف الإمكانات المحلية فى تصنيع ونشر استخدام تكنولوجيات الطاقة المتجددة.

ويتزامن مع هذه التحديات التى يواجهها قطاع الطاقة فى مصر العديد من المعوقات الأخرى، والتى يُمكن تحديد أبرزها فيما يلى:

- ارتفاع نصيب الوقود الأحفوري فى هيكل إنتاج الطاقة فى مصر، فى الوقت الذى يتوجه فيه العالم نحو مزيد من الاعتماد على المصادر الجديدة والمتجددة فى هيكل الإنتاج، وذلك مقابل تراجع الاعتماد على المصادر غير المتجددة من الطاقة. حيث تبلغ نسبة إنتاج الزيت الخام والمتكثفات والغاز الطبيعى نحو 96% من إجمالي إنتاج الطاقة الأولية فى مصر، بينما تبلغ هذه النسبة نحو 52,8% على المستوى العالمي.
- تراجع نسبة تغطية الإنتاج للاستهلاك المحلى من المنتجات البترولية، ففى عام 2001/2000 بلغت نسبة تغطية الإنتاج للاستهلاك المحلى نحو 161%، وأخذت فى الانخفاض التدريجى حتى وصلت إلى أدناها (99%) فى عام 2013/2012. فضلاً عن تذبذب مؤشر تغطية إنتاج الغاز الطبيعى للاستهلاك المحلى منه.

- تذبذب احتياطيات مصر من البترول والغاز الطبيعى.
- ارتفاع نصيب الطاقة الحرارية في هيكل إنتاج الكهرباء مقابل تراجع نصيب الطاقة الجديدة والمتجددة فى هذا الهيكل، وذلك بعكس الاتجاه العالمى الذى يتوجه نحو تكثيف استخدام الفحم والوقود النووى والطاقة الجديدة والمتجددة فى مقابل تراجع الاعتماد على الوقود الأحفورى (البترول والغاز الطبيعى).

وفى هذا السياق تُمثل المعوقات والتحديات السابقة أحد الإشارات الدالة على أهمية تطوير مصادر بديلة للوقود الأحفورى، متمثلة فى المصادر الجديدة والمتجددة، والتى تتسم بخاصية عدم النفاد والتجدد المستمر، على النحو الذى يساهم فى تحقيق التنمية المستدامة.

الفصل الثانى

مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة ومحددات استخدامها فى مصر

مقدمة:

يتناول هذا الفصل عرض الوضع الحالى لاستخدام بعض مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة فى مصر، وفرص وإمكانيات ومحددات تنميتها فى المستقبل، وذلك بالتركيز على طاقة الرياح، والطاقة الشمسية، وطاقة المخلفات، وعرض موجز عن الطاقة النووية.

أولاً: طاقة الرياح

تعتبر طاقة الرياح مصدر مستدام للطاقة فى مصر ومن أنظف مصادر الطاقة حيث لا ينتج عنها ملوثات للبيئة –خاصة تلك التى تسبب ظاهرة التغيرات المناخية – مقارنة بمصادر الطاقة التقليدية من الوقود الأحفورى (المصادر الحرارية). وتشير البيانات المتاحة إلى أن كمية الوفر المحقق فى استهلاك الوقود نتيجة استغلال طاقة الرياح فى عام 2012/2011 تقدر بنحو 327 ألف طن بترول مكافئ[1]. مما ينعكس على تقليل كمية الانبعاثات من غاز ثانى أكسيد الكربون (غاز الاحتباس الحرارى)، حيث تقدر كمية هذه الانبعاثات نتيجة استغلال طاقة الرياح بنحو 860 ألف طن غاز ثانى أكسيد الكربون مقارنة بنحو 78620 ألف طن للمصادر الحرارية (أى حوالى 1,1%).

وتتمتع مصر بسرعات رياح عالية فى مناطق كثيرة، مما يجعلها من أكثر دول العالم وفرة فى مصادر الطاقة من الرياح. وقد أوضح أطلس رياح مصر– الذى تم إصداره فى ديسمبر 2005 بالتعاون مع معامل ريزو الدانمركية وهيئة الأرصاد الجوية – أن:

- هناك مصادر لطاقة الرياح يمكن استغلالها خاصة فى منطقة خليج السويس حيث تتراوح فيها سرعات وكثافة الرياح بين 7–10 متر/ثانية، 900 وات/م^2 مقدرة على ارتفاع 50 متر من سطح الأرض.
- هناك مناطق تتسم بسرعات رياح عالية فى الصحراء الشرقية أو الغربية خاصة فى شرق وغرب وادى النيل بين خطى 27 شمالاً، 29 جنوباً، وكذلك شمال وغرب مدينة الخارجة حيث يقدر متوسط سرعات وكثافة الرياح بها بين 7–8 متر/ثانية، 300–400 وات/م^2.
- مناطق شمال غرب ساحل البحر المتوسط سرعة الرياح بها أقل نسبيا.

[1] هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، التقرير السنوى 2012/2011.

وتُستخدم طاقة الرياح حالياً فى مصر كمصدر للطاقة الكهربائية، ولكن بقدرات محدودة جداً وبالتكامل مع الوقود الأحفورى. حيث يشير التقرير السنوى لهيئة الطاقة الجديدة والمتجددة 2012/2011 إلى أن إجمالى القدرات المركبة لطاقة الرياح بلغت خلال عام 2012/2011 نحو 550 ميجاوات (محطة الزعفرانة 545 ميجاوات، ومحطة الغردقة 5 ميجاوات)، والتي تمثل نحو 1,9% من إجمالى القدرات المركبة لإنتاج الكهرباء[1]. وقد بلغت إجمالى طاقة الرياح المنتجة عام 2011 /2012 من محطة الزعفرانة 1557 جيجاوات ساعة تمثل حوالى 1% من إجمالى الطاقة المنتجة. كما تشير إحدى الدراسات إلى أن امكانيات توليد الكهرباء فى منطقة خليج السويس ومنطقة جبل الزيت تصل إلى قدرة مركبة فى حدود 20000 ميجاوات[2].

ولتعظيم الاستفادة من طاقة الرياح كمصدر لتوليد الكهرباء، فقد اعتمدت الاستراتيجية المصرية للطاقة الكهربائية ـ التى أقرها المجلس الأعلى للطاقة فى فبراير 2008 ـ والتي تهدف إلى تنويع مصادر الطاقة من خلال رفع مساهمة الطاقة المتجددة بنسبة 20% من إجمالى الطاقة الكهربائية المولدة بحلول عام 2020، والتي تساهم فيها طاقة الرياح بنسبة 12%، وذلك من خلال إنشاء مزارع رياح مرتبطة بالشبكة بقدرة اجمالية حوالى 7200 ميجاوات، مما يعنى إضافة 600 ميجاوات سنويا. ولتنفيذ هذه الاستراتيجية فقد تم الاتفاق على مجموعة من المشروعات المستقبلية المزمع تنفيذها حتى عام 2016 من خلال اتفاقيات تعاون حكومية وبمشاركة القطاع الخاص أيضاً كما هو موضح بالجدول (2-1).

حيث يتضح من الجدول (2–1) أنه باستكمال تنفيذ هذه المشروعات حتى عام 2016 تصل إجمالى قدرة المحطات الحكومية والقطاع الخاص المضافة إلى القدرات الحالية 2810 ميجاوات، وبالتالى من المتوقع أن يصل إجمالى قدرة مزارع الرياح فى عام 2016 إلى حوالى 3360 ميجاوات، يمثل نحو 11,6% من إجمالى القدرة المركبة فى عام 2012/2011 (والتى تبلغ نحو 29076 م.و)، كما يمثل نحو 16,8 % من الإمكانيات الموجودة فى منطقتى خليج السويس وجبل الزيت.

[1] المرجع السابق.

[2] عادل خليل حسن خليل، هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، نوفمبر 2008.

جدول (2-1): المشروعات المستقبلية لطاقة الرياح وتكلفتها الاستثمارية فى مصر

المحطة	القدرة (م.و)	الطاقة (ج .و.س سنوياً)	الوفر فى الطاقة (ألف طن بترول مكافئ سنوياً)	الحد من انبعاثات ثانى أكسيد الكربون (ألف طن سنوياً)	موعد بدء التشغيل	الجهات المشاركة مع الحكومة المصرية	قيمة المشروع	جهة التمويل	تكلفة ك. و. س (قرش*)	تكلفة م.و. (ألف جنيه سنويا *)	ملاحظات
خليج الزيت	200	894	191	491	2014	الحكومة الألمانية + بنك الاستثمار الأوروبى والمفوضية الأوروبية	340 مليون يورو	قروض ومنح ومساهمة من بنك الاستثمار القومى	16.5	739	
جبل الزيت	220	983	210		2014	الحكومة اليابانية	38.764 ين يابانى	قرض			
غرب النيل	200	473	102	260	2016	الحكومة اليابانية		قرض			بالإضافة إلى مساهمة الحكومة المصرية
	120	536	115	294	2016	الحكومة الأسبانية	120 مليون يورو	قرض			بالإضافة إلى مساهمة الحكومة المصرية
خليج السويس	200				2016	الوكالة الفرنسية مع بنك التعمير الألمانى					بالإضافة إلى مساهمة الحكومة المصرية

تابع جدول (2-1)

المحطة	القدرة (م.و)	الطاقة (ج .و.س سنوياً)	الوفر فى الطاقة (ألف طن بترول مكافئ سنوياً)	الحد من انبعاثات ثانى أكسيد الكربون (ألف طن سنوياً)	موعد بدء التشغيل	الجهات المشاركة مع الحكومة المصرية	قيمة المشروع	جهة التمويل	تكلفة ك. و. س (قرش*)	تكلفة م.و. (ألف جنيه سنويا *)	ملاحظات
خليج السويس	200	894	191	491	2015	شركة إماراتية	440 مليون دولار	شركة مصدر الإماراتية + الهيئة	16,8	748	
خليج السويس	200	894	191	491	2015	ألمانيا+ بنك الاستثمار الأوروبى+ الوكالة الفرنسية للتنمية+ الاتحاد الأوروبى.	10 مليون يورو				منحة ومساعدات فنية
جملة الإتفاقيات	1340	5478									
خليج السويس	120				2014	قطاع خاص بالتعاون مع شركة ايطالجن					لتغذية مصانع السويس للأسمنت
خليج السويس	250				2015	قطاع خاص					نظام BOO
خليج السويس	500				2016	قطاع خاص					نظام BOO
مزارع رياح	600					قطاع خاص					
اجمالى الإتفاقيات والقطاع الخاص	2810										

المصدر: هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، التقرير السنوى 2011/2010، ص ص 19-21، والتقرير السنوى 2012/2011، ص ص17-19. * على أساس عمر المشروع 20 عاماً.

1- مجالات استخدام طاقة الرياح:

تتسم تكنولوجيا طاقة الرياح بأنها غير معقدة ومرنة بالإضافة إلى سرعة تركيب مكونات مشروعاتها. وتستخدم طاقة الرياح فى مصر أساساً لتوليد الكهرباء وبالتالى توفير جزء من الاحتياجات التنموية. ويتم ذلك باستخدام توربينات يتم من خلالها تحويل الطاقة الميكانيكية إلى كهرباء (باستخدام مولدات الكهرباء). وهناك تقنيات حديثة متطورة لتوليد الكهرباء من الرياح، والتي امكن في ضوئها الوصول بقدرة التوربينات إلى متوسط قدرة 1500 ميجاوات للتوربين الواحد، مما يمكن أن يساعد فى تعظيم الاستفادة من هذه الطاقة. بالإضافة إلى ذلك يمكن تخزين الطاقة من الرياح إما فى صورة كهرباء أو تخزيناً كيميائياً بالنسبة للوحدات صغيرة الحجم (فى بطاريات رصاص مثلاً) أو تخزيناً هيدروليكياً، مما يساعد أيضاً فى استخدامها فى حالة عدم توفرها.

هناك مجالات أخرى يمكن أن تساهم فيها طاقة الرياح ولكنها مازالت محدودة جداً فى مصر مثل رفع المياه وضخها من الآبار والمجارى المائية.

2- حسابات التكلفة:

أ- تكلفة إنتاج وحدة الطاقة الكهربائية من طاقة الرياح:

يوضح جدول (2-1) تقدير التكلفة الاستثمارية لإنتاج الكهرباء من طاقة الرياح للمشروعات المستقبلية حتى عام 2016، حيث تبلغ قيمة تمويل محطة رياح بقدرة 200 م.و.، وطاقة 894 جيجاوات ساعة سنوياً 340 مليون يورو، وبالتالي تقدر التكلفة الاستثمارية لإنتاج وحدة القدرة (ميجاوات واحد) بنحو 740 ألف جنيه مصري سنوياً، وتقدر التكلفة الاستثمارية لإنتاج وحدة الطاقة بنحو 16,5 قرش لكل كيلووات ساعة (وذلك على أساس سعر اليورو = 8,7 جنيه مصري والعمر الافتراضي للمشروع 20 سنة).

ب-تقدير تكلفة تنفيذ الاستراتيجية المصرية للطاقة الكهربائية التى أقرها المجلس الأعلى للطاقة:

بفرض ثبات التكلفة الاستثمارية عند نفس التكلفة الواردة فى جدول (2-1)، فإن إضافة 600 ميجاوات سنوياً (لتنفيذ الاستراتيجية) يحتاج مشروعات تقدر تكلفتها الاستثمارية بحوالى 9 مليار جنيه.

3- محددات استغلال طاقة الرياح:

يتوقف استغلال طاقة الرياح بشكل عام على بعض المحددات، من أهمها:

- التذبذب الكبير فى سرعة الرياح وعدم انتظامها مما يؤدى إلى عدم ثبات نفس مستوى الطاقة المنتجة. وهو الامر الذى يتطلب توفر بيانات كاملة ودقيقة بشأن سرعة الرياح واتجاهاتها ودرجات الحرارة والضغط وغيرها من البيانات.
- عدم انتظام اتجاه الرياح، ولكن يمكن التغلب على هذه المشكلة باستخدام مراوح قابلة للحركة على قاعدتها حول المحور.
- ارتفاع تكاليف الإنشاء وكذلك تكلفة التخزين للطاقة المستخدمة.
- تحتاج مزارع الرياح إلى مساحات شاسعة من الأراضي المسطحة الممهدة _ وعادة ما تكون مناطق صحراوية_ يجب أن تتوفر بها بعض المتطلبات مثل القرب من شبكات الكهرباء (حتى يتم ربط المزارع على الشبكة الموحدة)، وأن تكون بعيدة عن مسارات الطيور(لأن ارتطام الطيور يمكن أن يسبب قتل الطيور وتدمير منشآت المزارع)، ولا تحتوى على كائنات حية نباتية أو حيوانية يمكن أن تتأثر أو تؤثر على العاملين وعلى التنوع الحيوي. تحتاج هذه المناطق إلى دراسات اقتصادية وموافقات من جميع الجهات المختصة مثل وزارات الدفاع والإسكان والآثار والتنمية المحلية، وألا تتعارض هذه الأماكن مع مصالح مرافق أخرى موجودة فى نفس المكان مثل شركات البترول. ووفقاً للقوانين المنظمة ومنها القانون رقم 4 لسنة 1994 المعدل بالقانون رقم 9 لسنة 2009 فى شأن حماية البيئة يجب أن تتم دراسات كاملة لتقييم الآثار البيئية لمثل هذه المشروعات.

4- التأثير الإيجابى لطاقة الرياح على البيئة:

يشير أحد المصادر إلى أن إنتاج واحد ميجاوات ساعة من طاقة الرياح يوفر حوالى 0,22 طن بترول مكافئ، ويحد من انبعاث حوالى 0,55 طن ثانى أكسيد الكربون.

5- مستقبل طاقة الرياح فى مصر:

بناءً على نتائج أطلس الرياح فى مصر تم تحديد أكثر المناطق موائمة لمشروعات الرياح وكلها أراضى صحراوية. وحتى عام 2010 تم الحصول على موافقات تخصيص حوالى 7837 كم^2 فى مناطق غرب خليج السويس وشرق وغرب النيل فى صعيد مصر. وفى ضوء الدراسات البيئية للمشروعات المستقبلية بمنطقة خليج السويس (مساحة 200 كم^2 لاستيعاب محطات رياح بقدرات 1000 م.و.، ومساحة 300 كم^2 لاستيعاب محطات رياح بقدرات 1500 م.و) يمكن إقامة مشروعات طاقة رياح بقدرات تصل إلى نحو 39000 م.و. (أى نحو 135% من القدرات المتوفرة فى عام 2012/2011)، وذلك فى حالة توفر التمويل الكافى من خلال مشروعات حكومية أو قطاع خاص أو كلاهما[1].

ثانياً: الطاقة الشمسية

تتصف الطاقة الشمسية بمزايا عديدة تجعلها من أفضل مصادر الجديدة والمتجددة. من هذه المزايا ما يلى:

- متوفرة بتكلفة مجانية كمصدر لوقود لا ينضب (مصدر مستدام).
- طاقة هائلة يمكن استغلالها.
- طاقة نظيفة لا ينتج عنها ملوثات بكميات وخصائص تؤثر سلباً على البيئة.

بالنسبة لمصر تعتبر الطاقة الشمسية أيضاً من مصادر الطاقة الهائلة النظيفة المستدامة نظراً لتوفرها معظم أيام السنة بشدة إشعاع شمسى مرتفع، حيث تقع مصر ضمن منطقة الحزام الشمسى الأكثر مناسبة لتطبيقات الطاقة الشمسية. وقد تم إصدار أطلس شمس مصر، وتشير نتائجه إلى:

- متوسط الإشعاع الشمسى المباشر العمودى بين 2000- 3200 ك. و.س/ م^2/ سنة.
- معدل سطوع الشمس بين 9-11 ساعة/ يوم.

وبالتالى توفر فرصاً للاستثمار فى المجالات المختلفة لاستخدام الطاقة الشمسية، بما يمكن من تحقيق الإكتفاء الذاتى من الطاقة فى غضون سنوات، بشرط أن يتم استثمارها بشكل جيد.

[1] المرجع السابق.

1- مجالات/تطبيقات الطاقة الشمسية:

لا تقتصر تطبيقات الطاقة الشمسية فى مصر على توليد الكهرباء فقط، ولكن هناك العديد من التطبيقات التى يمكن من خلالها استخدام الطاقة الشمسية كبديل للغاز الطبيعى أو المازوت مثال ذلك:

- تسخين المياه للاستخدامات المنزلية (سخانات المياه الشمسية).
- التبريد والتكييف وتدفئة مياه حمامات السباحة والمبانى.
- التسخين فى المصانع.
- إزالة ملوحة المياه، تجفيف المحاصيل الزراعية وتشغيل الطلمبات.
- إنارة المنازل والطرق.

2- الوضع الحالى لاستغلال الطاقة الشمسية فى توليد الكهرباء فى مصر:

يتم إنتاج الكهرباء من النظم الشمسية الحرارية فى مصر باستخدام أساليب مشابهة لتلك المستخدمة فى المحطات التقليدية لإنتاج الكهرباء مع استبدال مصادر الوقود المستخدمة فى النظم التقليدية بالطاقة الناتجة من تركيز الإشعاع الشمسى عند درجات حرارة عالية من 400- 1500 درجة مئوية[1].

المحطة الشمسية الحرارية الوحيدة التى تعمل فى مصر لإنتاج الكهرباء هى محطة الكريمات جنوب الجيزة، حيث بدأت فى تغذية الشبكة العامة للكهرباء منذ يوليو 2011 بقدرة حوالى 140 ميجاوات، وطاقة إنتاجية إجمالية 852 ج.و.س/السنة. ومن الجدير بالذكر أن هذه المحطة تعمل بتقنية مزدوجة تعتمد على الشمس والغاز الطبيعى، وبالتالى فهى تشتمل على مكونين:

- مكون حرارى بقدرة 120 ميجاوات(حوالى 85,7% من إجمالى قدرة المحطة).

[1] المرجع السابق، ص 24.

- مكون شمسى بقدرة 20 ميجاوات(حوالى 14,3% من إجمالى قدرة المحطة)، وينتج طاقة مقدارها 34 ج.و.س/سنة تمثل حوالى 4% فقط من إجمالى الطاقة المنتجة للمحطة.

وبالتالى بلغت مساهمة الطاقة الشمسية لإنتاج الكهرباء فى عام 2012/2011 حوالى 140 ميجاوات، تمثل حوالى 0,48% من إجمالى القدرة المركبة (والتى تبلغ 29076 ميجاوات)[1]. بلغت الطاقة الكهربائية المنتجة من الطاقة الشمسية عام 2012/2011 نحو 479 جيجاوات ساعة تمثل نحو 0,3% من إجمالى الطاقة المنتجة (والتى تبلغ 157445 جيجاوات ساعة)، مما يعنى محدودية بل وانخفاض مستوى الاستفادة من الطاقة الشمسية لإنتاج الكهرباء فى مصر حتى عام 2012/2011.

3-المشروعات المستقبلية للطاقة الشمسية:

تشكل مشروعات الطاقة الشمسية أحد المشروعات الأساسية فى الخطة الخمسية 2012-2017 لتوليد الكهرباء بالاعتماد على مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة، وتتضمن المشروعات المستقبلية ما يلى:

- فى الخطة الخمسية 2012-2017: مشروع إنشاء محطة شمسية حرارية لتوليد الكهرباء بقدرة إجمالية 100 ميجاوات فى كوم أمبو بأسوان باستخدام تكنولوجيات منخفضة التكلفة.
- مقترح تنفيذ محطة توليد كهرباء بواسطة الخلايا الشمسية بالغردقة قدرة 20 ميجاوات.
- مقترح تنفيذ محطة توليد كهرباء بواسطة الخلايا الشمسية بكوم أمبو قدرة 20 ميجاوات.

ويوضح الجدول (2-2) المشروعات المستقبلية لتوليد الكهرباء باستخدام الطاقة الشمسية بالتعاون مع جهات أخرى. حيث أنه بإنتهاء تنفيذ هذه المشروعات حتى عام 2017 يمكن تغذية الشبكة العامة للكهرباء بنحو 140 ميجاوات. وبذلك تصل مساهمة الطاقة الشمسية الحرارية فى إجمالى القدرة المركبة (وفقاً لبيانات 2012/2011) إلى 280 ميجاوات، أى نحو 1% من إجمالى

[1] المرجع السابق، ص 12.

القدرة المركبة فى عام 2012/2011. وهو ما يعنى أن مساهمة الطاقة الشمسية الحرارية فى إنتاج الكهرباء فى مصر مازالت محدودة جداً، حتى بعد إنتهاء المشروعات المزمع تنفيذها خلال الخطة الخمسية 2017/2012.

جدول (2-2): المشروعات المستقبلية للطاقة الشمسية فى مصر

المحطة	القدرة (م.و)	موعد بدء التشغيل	الجهات المشاركة مع الحكومة المصرية
كوم أمبو	100	2012- 2017	بنك التعمير الألمانى+ صندوق التكنولوجيا النظيفة+ البنك الدولى+ بنك التنمية الأفريقى
الغردقة	20	يوليو 2012	الوكالة اليابانية للتعاون الدولى JICA
كوم أمبو	20		الوكالة الفرنسية للتنمية AFD
الإجمالى	140		

المصدر: إعداد الباحث اعتماداً على البيانات الواردة فى: هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، التقرير السنوى 2012/2011.

4-تقدير تكلفة انتاج وحدة الطاقة الكهربائية من الطاقة الشمسية:

يمكن تقدير التكلفة الاستثمارية لإنتاج وحدة الطاقة الكهربائية من الطاقة الشمسية كما يلى:

أ- **المشروعات التى تم تنفيذها بالفعل:** تقدر تكلفة المحطة الشمسية الحرارية بالكريمات التى تنتج 140 ميجاوات (852 ج.و.س/سنة) بحوالى 340 مليون دولار أمريكى تم توفيرها من المصادر الآتية:

- 190 مليون دولار قرض ميسر من الحكومة اليابانية
- 50 مليون دولار منحة من مرفق البيئة العالمى(البنك الدولى)
- 100 مليون دولار قامت الهيئة بتوفيرها من البنوك الوطنية

وبالتالى تقدر التكلفة الاستثمارية لإنتاج ميجاوات واحد بحوالى 826 ألف جنيه سنوياً، وتقدر التكلفة الاستثمارية لإنتاج ك.و.س بحوالى 13,6 قروش (على أساس أن العمر الإفتراضى للمحطة حوالى 20 سنة وسعر الدولار 6,8 جنيه مصرى).

ب- **المشروعات المستقبلية:** بناءً على التمويل المتاح لمحطة كوم امبو، والذى تبلغ قيمته 440 مليون دولار لإنتاج 100 ميجاوات، تقدر التكلفة الاستثمارية لإنتاج ميجاوات واحد بحوالى 4,4 مليون دولار، أو ما يعادل نحو 1,5 مليون جنيه مصرى سنوياً (على أساس أن العمر الإفتراضى للمحطة حوالى 20 عاماً، وسعر الدولار 6,8 جنيه مصرى).

أى بزيادة قدرها 80% عن تكلفة المحطة القائمة التى تم تشغيلها فى عام 2011.

5- الخطة المستقبلية لاستغلال الطاقة الشمسية فى إنتاج الكهرباء :

وافق مجلس الوزراء فى 2012/7/12 على المضى قدماً فى تنفيذ الخطة التى تستهدف إنشاء قدرات مركبة لتوليد طاقة شمسية حوالى 2800 ميجاوات من المركزات الشمسية، 700 ميجاوات من الخلايا الفوتوفلطية. وبناءً على التكلفة الرأسمالية لمحطة كوم أمبو السالف ذكرها، يمكن تقدير مبدئى لإجمالى التمويل اللازم لإنتاج هذه القدرات بنحو 84 مليار جنيه بأسعار 2012 وبنفس ظروف التمويل.

6- محددات استغلال الطاقة الشمسية فى إنتاج الكهرباء :

- تحتاج إلى استخدام بديل آخر معها لتوفير الطاقة الكهربائية اللازمة طوال الوقت، وتوفير وسائل تخزين مناسبة.
- انخفاض كثافة الطاقة على وحدة المساحات مما يستلزم استخدام مساحات كبيرة. فمثلاً، محطة الكهرباء المزمع إنشاؤها فى كوم أمبو قد تم تخصيص لها مساحة أرض صحراوية قدرها 3630 فدان، أى ما يعادل 15,25 كم^2 لإقامة المحطة الشمسية بقدرة 100 ميجاوات، ومحطة الكريمات التى تم إنشاؤها ودخلت الخدمة بالفعل تبلغ مساحة الحقل الشمسى بها 644 ألف متر مربع (أى حوالى 153,3 فدان).

- مازالت التكلفة الاستثمارية لإنتاج وحدة الكهرباء بالطاقة الشمسية مرتفعة بالنسبة لبعض المصادر الأخرى. فبناءً على الحسابات سالفة الذكر تبلغ التكلفة الاستثمارية لإنشاء محطة طاقة شمسية جديدة على سبيل المثال ضعف تكلفة إنشاء محطة طاقة الرياح بنفس الطاقة الإنتاجية.

7- الوضع الحالى لاستخدام الطاقة الشمسية فى مجالات أخرى :

لا تقتصر تطبيقات أو مجالات استخدام الطاقة الشمسية على إنتاج الكهرباء، ولكن هناك مجالات أخرى لاستخدامها كمصدر للطاقة للتسخين والإنارة وغيرها، يمكن إيجاز بعضها فيما يلى:

أ- استخدام الطاقة الشمسية فى تسخين المياه:

بدأ استخدام أنظمة التسخين الشمسى الحرارى فى مصر عام 1980، حيث تم استيراد 1000 سخان مياه شمسى بسعات مختلفة وتركيبها فى أماكن عديدة، كما تم إنشاء شركات محلية لتصنيع السخانات الشمسية. وحتى عام 2010 كان الوضع القائم كما يلى:

- وصل عدد الشركات المحلية لتصنيع السخانات الشمسية 12 شركة.
-إجمالى ما تم تصنيعه وتركيبه 250 ألف سخان شمسى بإجمالى مساحة 700 ألف متر^2.

كما يتم تنفيذ مشروع لنشر استخدام السخانات الشمسية بالفنادق والقرى السياحية فى محافظتى البحر الأحمر وجنوب سيناء.

ب-استخدام الطاقة الشمسية فى الإنارة:

تستخدم نظم الخلايا الفوتوفلطية (PV) لأغراض الإنارة وضخ المياه بالمناطق النائية ذات الأحمال الصغيرة والمنازل المتناثرة. وفى هذا السياق تم تنفيذ مشروع فى مركز سيوة بمحافظة مطروح لاستخدام الخلايا الفوتوفلطية فى إنارة 100 منزل، 40 عمود إنارة شوارع ومدرسة وثلاثة مساجد[1].

8- مميزات ومحددات استغلال الطاقة الشمسية فى التسخين والإنارة:

[1] المرجع السابق، ص 28.

تتميز نظم الخلايا الفوتوفلطية بأنها:

- مصدر مستدام لطاقة نظيفة.
- محدودية تكلفة التشغيل والصيانة فى ظل العمر الافتراضي الذى يصل إلى 25 عاماً.
- تجنب مخاطر استخدام الغاز والكهرباء فى سخانات المياه.

وعلى الجانب الآخر تتمثل أهم المحددات فى ارتفاع تكلفة إنتاج وحدات التسخين أو الإنارة (التكلفة الاستثمارية). ولكن مع التطور فى تكنولوجيات الإنتاج ودعم البحوث والتطوير فى هذا المجال، تزايد استخدام تطبيقات نظم الخلايا الفوتوفلطية فى مصر على المستوى التجارى فى مجالات الإنارة وضخ المياه والاتصالات والتبريد والإعلانات. وهنا تجدر الإشارة إلى أنه تم نشر

فى جريدة الأهرام بتاريخ 28 مارس 2013 أنه قد بدأ لأول مرة في مصر استخراج مياه أكبر بئر جوفية بمنطقة العلمين بالصحراء الغربية باستخدام الطاقة الشمسية، وذلك كبديل للغاز الطبيعى المستخدم فى توليد الكهرباء اللازمة لرى زراعة المحاصيل فى هذه المنطقة، وذلك بطاقة تبلغ 850 متر^3 يومياً، وبتكلفة منخفضة تقدر بنحو 500 ألف جنيه بتمويل من الشركة المصرية لاستصلاح الأراضى.

9- فرص وإمكانيات رفع كفاءة استغلال الطاقة الشمسية:

يشير الوضع القائم الذى سبق عرضه إلى أن استخدامات وتطبيقات الطاقة الشمسية فى مصر مازالت محدودة جداً خاصة فى مجال توليد الكهرباء، حيث لا تصل مساهمة الطاقة الشمسية فى إجمالى الطاقة المنتجة فى عام 2012/2011 إلى 2%. وبالرغم من وجود مجهودات عديدة لنشر تطبيقات النظم الشمسية سواء للتسخين الشمسى أو الخلايا الفوتوفولطية فى مجالات التسخين والإنارة وغيرها، إلا أنها مازالت محدودة أيضاً وتواجه بعض المحددات مثل ارتفاع التكلفة الاستثمارية.

على الجانب الآخر تتمتع مصر بفرص وإمكانيات عديدة لنشر تطبيقات الطاقة الشمسية لتوليد الكهرباء وأغراض أخرى، ومن هذه الفرص ما يلى:

أ- توفر الطاقة الشمسية الهائلة معظم أيام السنة كما أوضحها أطلس الشمسى.

ب- توفر خبرات محلية فنية وتسويقية.

ت- تتمتع مصر بعلاقات إقليمية ودولية جيدة تتيح لها فرص الحصول على دعم فني فى مجال تطبيقات الطاقة الشمسية.

ث- كما أن توقيع مصر على الاتفاقيات الدولية ومنها اتفاقية التغيرات المناخية يتيح لها أيضاً فرص الحصول على دعم فني ومالى من قبل العديد من الدول لتطوير تكنولوجيات الإنتاج الأنظف فى مجال تطبيقات الطاقة الشمسية.

ج- توفر فرص للاستثمار المحلى عن طريق رجال الأعمال وجهات التمويل المحلية.

ح- توفر مناطق صحراوية كثيرة بمساحات شاسعة خاصة داخل نطاق المناطق شديدة الإشعاع الشمسى، والتي تناسب إقامة مشروعات الطاقة الشمسية.

إن تشجيع الاستثمار المحلى فى مشروعات توليد الكهرباء والطاقة من الشمس يتطلب توفر مناخ مناسب يتضمن:

- دعم سياسى قوى.
- أدوات وحوافز اقتصادية (مثل ما يرتبط بالجمارك، والضرائب، والأراضى وغيرها).
- وعى مجتمعى وإعلام واعى مساند.
- تشجيع ودعم البحث العلمى والتطوير التكنولوجى.

تعتبر التشريعات أداة هامة للتطبيق، ولكن قبل إصدار أى تشريع يجب توفر متطلبات أخرى هامة تساعد على التنفيذ، وفى الوقت نفسه يمكن من خلالها محاسبة من يخالف التشريع. ومن هذه المتطلبات بالنسبة للطاقة الشمسية[1] :

- توفير وحدات الطاقة الشمسية من سخانات ووحدات إضاءة شمسية ذات كفاءة عالية وبأسعار مناسبة والتغلب على معوقات تصنيع وإنتاج هذه الوحدات محلياً، وإيجاد آلية مناسبة للتمويل، (مثلاً من خلال قروض ميسرة) مع تشجيع ودعم الصناعات المغذية ومراقبة الجودة الفنية والارتقاء بها، مع إلزام المصنعين بالمواصفات القياسية والحصول على شهادات الصلاحية.

[1] تم الاستعانة بنتائج دراسة: الجدوى الاقتصادية والبيئية لاستخدام الطاقات المتجددة فى إحلال السخانات المنزلية التى تستخدم الكهرباء والغاز الطبيعى والبوتاجاز فى محافظات القاهرة والجيزة والقليوبية من: هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، التقرير النهائى، فبراير 2004.

- توفر خدمة ما بعد البيع لصيانة الوحدات. وهناك عدة بدائل منها إدماج هذه الخدمة مع خدمات أخرى موجودة بالفعل مثل خدمات تنظيف خزانات المياه، وتنظيف المفروشات والرش وغيرها، مع تطوير التشريعات لضمان التنفيذ والجودة. ومن البدائل أيضاً تشجيع إنشاء كيانات خاصة بالصيانة تعمل فى إطار تشريعى ومؤسسى سليم، مع منحها التسهيلات والحوافز المناسبة.
- التوعية باستخدام وحدات الطاقة الشمسية ومزاياها وإجراءات تشغيلها وصيانتها واستخداماتها الفعلية فى مصر. ويمكن أن يتم ذلك من خلال برامج تليفزيونية وإذاعية مكثفة، وأيضاً برامج توعية خاصة بالنوادى والتجمعات الشبابية والسكانية.
- التوسع فى إنشاء منافذ عرض وبيع وحدات الطاقة الشمسية بالأسواق والمعارض والمتاجر الكبرى، مع مراعاة تولى الجهات المختصة مسئولية مراقبة الجودة الفنية والتأكد من وجود شهادات الصلاحية الخاصة بها.

ثالثاً: طاقة المخلفات

تتضمن المخلفات أنواعاً عديدة يتم تصنيفها وفقاً لطبيعتها (مخلفات سائلة ومخلفات صلبة)، أو لخطورتها (مخلفات خطرة ومخلفات عادية أو غير خطرة)، أو وفقاً لمصدر تولدها (مخلفات زراعية- مخلفات صناعية...الخ). تحتوى المخلفات بشكل عام على مكونات يمكن استرجاعها والاستفادة بها فى صور عديدة ومنتجات لها أهمية اقتصادية. وعلى الجانب الآخر يمكن أن تؤثر تأثيرات بيئية واقتصادية واجتماعية سلبية إن لم يتم التعامل معها بطرق آمنة. تحتوى المخلفات على حمل حرارى يتيح فرص الاستفادة بها كمصدر للطاقة. ويوضح البيان التالى القيمة الحرارية لبعض أنواع المخلفات[1]:

طن مادة جافة من المخلفات الزراعية والنباتية	0,40 ط .ب. م [2]
طن مادة جافة من المخلفات الحيوانية	0,35 ط. ب. م
طن مادة جافة من المخلفات الصلبة البلدية(القمامة)	0,25 ط. ب. م

[1] رئاسة الجمهورية، المجالس القومية المتخصصة "تقرير المجلس القومى للإنتاج والشئون الاقتصادية 2004-2005. وأيضاً: التقارير السنوية لهيئة الطاقة الجديدة والمتجددة.

[2] ط. ب. م = طن بترول مكافئ = 41,87 جيجا جول بناءً على التقارير السنوية لهيئة الطاقة الجديدة والمتجددة.

طن مادة جافة من مخلفات الصرف الصحى 0,20 ط. ب. م

طن مادة جافة من المخلفات الصناعية 0,48 ط. ب. م

طن قش أرز = 14 جيجا جول = 0,33 ط. ب. م

طن مخلفات الورق والبلاستيك 17–20 جيجا جول = 0,4 – 0,48 ط. ب. م

طن مخلفات زراعية 13 –16 جيجا جول = 0,31– 0,38 ط. ب. م

طن إطارات سيارات 28–30 جيجا جول= 0,67–0,72 ط. ب. م

طن مخلفات المذيبات 18–20 جيجا جول = 0,43– 0,48 ط. ب. م

طن مخلفات صناعة الأدوية 15–20 جيجا جول = 0,36– 0,48 ط. ب. م

طن مخلفات صناعة البترول 10–20 جيجا جول = 0,24– 0,48 ط. ب. م

1- المخلفات الصلبة:

أ-كميات المخلفات الصلبة:

يقدر إجمالى كمية المخلفات الصلبة التى تتولد فى مصر بحوالى 74 مليون طن سنوياً موزعة كما هو موضح فى جدول (2–3). حيث يحتوى الكثير من هذه المخلفات على مواد عضوية يمكن الاستفادة بها كمصدر للطاقة (الطاقة الحيوية)، كما تحتوى بعض هذه المخلفات على مكونات أخرى ذات قيمة حرارية يمكن الاستفادة بها كمصدر للطاقة أيضاً فى تطبيقات أخرى كما سيتم توضيحه فيما بعد.

جدول(2–3): كمية المخلفات الصلبة فى مصر

المخلفات الزراعية	**نحو 23,7 مليون طن سنوياً تمثل نحو 32% من إجمالى المخلفات**
المخلفات البلدية	**نحو 20 مليون طن سنوياً تمثل نحو 27%**
تطهير الترع والمصارف	**نحو 20 مليون طن سنوياً تمثل نحو27%**
المخلفات الصناعية	**نحو 5,1 مليون طن سنوياً تمثل نحو7%**
حمأة الصرف الصحى	**نحو1,5 مليون طن سنوياً تمثل نحو 2%**
مخلفات الهدم والبناء	**نحو 3,7 مليون طن سنوياً تمثل نحو 5%**
إجمالى	**74 مليون طن سنوياً 100%**

المصدر: وزارة الدولة لشئون البيئة، جهاز شئون البيئة، تقرير حالة البيئة فى مصر 2009، إصدار يونيو 2010.

ب- فرص الاستفادة من بعض أنواع المخلفات كمصدر للطاقة الحيوية:

الطاقة الحيوية هى الطاقة المستخرجة من المواد العضوية من أى مصدر بواسطة تقنيات مناسبة. وتعتبر المخلفات العضوية الصلبة والسائلة النباتية والحيوانية والداجنة والآدمية والصناعية الغذائية وحمأة الصرف الصحى وورد النيل مصدراً للكتلة الحيوية فى مصر. ويمكن الاستفادة من هذه المخلفات إما لإنتاج مواد سمادية مخصبة للتربة أو كمصدر متجدد للطاقة لاستخدامها فى تطبيقات عديدة تساهم فى تحقيق استدامة الطاقة، وبالتالى التنمية المستدامة. ومن أهم مميزات الطاقة الحيوية ما يلى:

- تعتبر الكتلة الحيوية(التى هى مصدر الطاقة الحيوية) مورداً قابل للتجدد.
- ينتج عن تحلل المخلفات العضوية غاز الميثان وهو غاز الدفيئة يسبب عند انطلاقه فى الجو ظاهرة الاحتباس الحرارى، وبالتالى التغيرات المناخية، ولكن باحتجازه واستخدامه كوقود يصبح مصدراً للطاقة بدلاً من كونه مصدراً للتغيرات المناخية.
- تتوفر المخلفات العضوية فى مصر بكميات كبيرة وتسبب مشاكل بيئية واقتصادية واجتماعية إن لم يتم التخلص منها بطرق سليمة، وتتوفر أيضاً تكنولوجيات لاستخدام هذه المخلفات كمصدر جيد للغاز الحيوى وتطبيقات أخرى.
- تساهم تطبيقات الطاقة الحيوية فى الحد من استخدام المصادر التقليدية للطاقة وبالتالى الحفاظ على موارد الطاقة الأحفورية (البترول والغاز).

من أهم مصادر الكتلة الحيوية فى مصر المخلفات العضوية التى تشتمل على:

- المخلفات الصلبة البلدية (القمامة المنزلية)، وتحتوى على نحو 50-60% مواد عضوية.
- مخلفات الصرف الصحى مثل حمأة الصرف الصحى ونواتج كسح الخزانات وبيارات الصرف الصحى.
- روث الحيوانات ومخلفات الطيور والدواجن والأسماك.

- المتبقيات الزراعية مثل قش الأرز وحطب القطن وغيرها.
- مخلفات الصناعات الغذائية والحيوانية والخشبية والورقية.
- مخلفات تقليم الأشجار والحدائق والأغطية النباتية.

كما أن هناك محاصيل يمكن زراعتها فى الأراضى الصحراوية والأراضى الضعيفة خصيصاً لإنتاج طاقة مثل أشجار الجاتروفا.

وسوف يتم فيما يلى تناول بعض هذه المصادر ومدى مساهمتها فى توفير الطاقة.

- **المخلفات البلدية الصلبة(المنزلية):**

تقدر كمية المخلفات الصلبة البلدية فى عام 2011/2010 بنحو 21 مليون طن/سنة، تحتوى على حوالى 50% مادة عضوية، وبالتالى تقدر كمية المادة العضوية فى المخلفات البلدية الصلبة(المنزلية) بحوالى 10,5 مليون طن/سنة.

ومن الاستخدامات المرجحة للاستفادة من الحمل العضوى الموجود بهذه المخلفات، تحويلها إلى مواد مخصبة للتربة الزراعية من خلال مصانع تدوير المخلفات وتحويلها إلى مواد سمادية.

ويبلغ عدد هذه المصانع فى مصر 66 مصنعاً تم تصنيعها محلياً بطاقة إنتاج حوالى 160 طن/يوم للمصنع الواحد. وتستوعب هذه المصانع – فى حالة عملها بكامل طاقتها– حوالى 20% من إجمالى الكمية المتولدة من هذه المخلفات(حوالى 4 مليون طن سنوياً). ولكن تواجه كثير من هذه المصانع مشاكل فنية وإدارية تؤدى إلى انخفاض كفاءة تشغيلها، وبالتالى ضعف طاقتها الإنتاجية الحقيقية .

وبفرض تحويل نصف الكمية المتبقية فقط إلى طاقة، أى حوالى 8,5 مليون طن/سنة مخلفات بلدية تحتوى على حوالى 50% مادة عضوية. تقدر كمية الطاقة بهذه الكمية من المخلفات بنحو مليون طن بترول مكافئ/سنة (على أساس معدل 0,25 طن بترول مكافئ لكل طن مادة عضوية من المخلفات البلدية)، وتعادل هذه الكمية من الطاقة ما ينتج عن نحو 0,9 مليون طن غاز طبيعى أو حوالى مليون طن زيت خام).

محددات استخدام المخلفات البلدية الصلبة كمصدر للطاقة:

من أهم هذه المحددات صعوبة تجميع المادة العضوية من هذه المخلفات منفصلة، حيث يتطلب ذلك تطبيق فكر الفرز والفصل من المنبع الذى يحتاج إلى وضع برنامج متكامل يتضمن التوعية والحوافز التى تدعم وتشجع على التطبيق، وكذلك التشريع الذى يحكم هذه العملية. والأهم من ذلك وجود نظم الجمع والنقل المناسبة التى تتكامل مع نظم الفرز والفصل بالمنبع والإطار المؤسسى الذى ينظم ويراقب ويحاسب. ويتم حالياً تحويل بعض هذه المخلفات إلى وقود صلب RDF واستخدامه كمصدر للطاقة البديلة فى بعض المجالات مثل صناعة الأسمنت.

- **المخلفات الحيوانية:**

تعتبر المخلفات الحيوانية مصدراً غنياً جداً بالكتلة الحيوية. وتقدر كمية (بعض) المخلفات الحيوانية فى مصر فى عام 2011 بنحو 177,4 مليون طن سنوياً موزعة كما يلى:

- مخلفات الأبقار والجاموس حوالى 78,96 مليون طن/سنة (على أساس عدد رؤوس البقر والجاموس= 8,763 مليون رأس[1]، ينتج عنها حوالى 9 طن/رأس/سنة مخلفات[2]).
- مخلفات الأغنام والماعز والإبل والدواب حوالى 87,94 مليون طن/سنة (على أساس عدد الرؤوس 11,123 مليون ينتج عنها حوالى 7,9 طن/رأس/سنة مخلفات).
- مخلفات المذبوحات فى المجازر الحكومية فقط حوالى 21600 طن/سنة (على أساس عدد المذبوحات حوالى 1,6 مليون رأس ينتج عنها حوالى 13,5 كجم/رأس/سنة)[3].

تستخدم بعض مخلفات الأبقار والجاموس فى الحقول إما لإنتاج الطاقة (نحو40%) أو كمواد سمادية للأراضى(نحو35%)، والباقى يفقد فى الشوارع والحقول. أما مخلفات المذبوحات فتلقى فى مقالب القمامة والمساحات الفارغة ولا يستفاد بها، مما يسبب مشاكل تلوث.

[1] الجهاز المركزى للتعبئة العامة والإحصاء، كتاب لمحة احصائية 2012.

[2] رئاسة الجمهورية، المجالس القومية المتخصصة، مرجع سبق ذكره.

[3] بناءً على البيانات الواردة فى تقرير المجلس القومى للإنتاج والشئون الاقتصادية / المجالس القومية المتخصصة، الدورة الحادية والثلاثون 2005/2004، ص 163. ويمكن حساب معدلات تولد المخلفات الحيوانية كالآتى :

- المخلفات الحيوانية المتولدة عن الأبقار والجاموس 55 مليون طن / عام = نحو 9 طن / رأس / عام = 6,11 مليون رأس.
- المخلفات الحيوانية المتولدة عن الأغنام والماعز والإبل والدواب = 70 مليون طن / عام = نحو 7,9 طن/ رأس / سنة.
- المخلفات الحيوانية المتولدة عن المذبوحات من الإبل والماعز والأغنام والماشية = 27000 طن / عام = 13,5 كجم/رأس/ سنة.

وبناءً على ذلك، تقدر كمية المخلفات الحيوانية التى يمكن الاستفادة بها كمصدر للطاقة – إذا توفرت نظم سليمة لتجميعها ونقلها– بحوالى 25% من مخلفات كافة الرؤوس، بالإضافة إلى مخلفات المجازر، أى نحو 41,75 مليون طن/سنة. وبفرض أن نسبة الرطوبة تقدر بنحو 80%، تقدر كمية المادة الجافة فى المخلفات الحيوانية بنحو 8,3 مليون طن/سنة. وبالتالى يقدر المحتوى الحرارى بنحو 2,9 مليون طن بترول مكافئ/سنة (على أساس 0,35 طن بترول مكافئ لكل طن مادة جافة من المخلفات الحيوانية)، أى ما يعادل 2,6 مليون طن غاز طبيعى، أو 2,9 مليون طن زيت خام، حيث أن طن غاز طبيعى = 1,111 طن بترول مكافىء، طن زيت خام = 0,995 طن بترول مكافئ.

أمثلة للاستفادة من المخلفات الحيوانية كمصدر للطاقة فى مصر:

تمثل مخلفات المجازر مصدراً غنياً جداً بالكتلة الحيوية التى يمكن الاستفادة بها كمصدر للطاقة داخل المجزر والمنطقة المحيطة. وهناك تجربة سابقة فى المجزر الآلى بدير الغرب بمحافظة الفيوم، حيث يتم تخمير لاهوائى للمخلفات الحيوانية ينتج عنه غاز البيوجاز الذى يستخدم لتشغيل الغلايات والإنارة والطهى، ومواد سمادية. كما توجد وحدة بيوجاز شرق العوينات بالوادى الجديد.

- **المخلفات الزراعية وقش الأرز:**

تقدر كمية المخلفات الزراعية بنحو 25 مليون طن سنوياً[1]. تشمل هذه المخلفات تبن القمح (ويمثل أكبر كمية) ومصاصة القصب وحطب الذرة (كمية كبيرة أيضاً)، ثم قش الأرز (حوالى 3 مليون طن سنوياً تنتج من مساحة منزرعة تقدر بحوالى 1,4 مليون متر مربع)[2] ، ثم بقايا الفواكه والخضروات وتبن الشعير. ويتم الاستفادة من جزء من هذه الكمية فى أغراض متعددة مثل إنتاج مخصبات للتربة وأعلاف للحيوانات، وأيضا إنتاج طاقة على نطاق محدود. كما تمثل هذه المخلفات مشكلة بيئية لمحدودية إدارتها بشكل سليم وآمن، حيث يتم التخلص من بعض هذه المخلفات بالحرق المباشر الذى يؤدى إلى تلوث هوائى كبير وحاد، وبالتالى يتسبب فى مشاكل صحية خاصة للأطفال وكبار السن.

[1] وزارة البيئة، جهاز شئون البيئة، تقرير حالة البيئة فى مصر 2010، إصدار 2011.

[2] وزارة البيئة، جهاز شئون البيئة، تقرير حالة البيئة فى مصر 2005، إصدار ديسمبر 2006.

وبفرض إمكانية توفير نظم متكاملة لجمع وكبس ونقل 20% فقط من المخلفات الزراعية – شاملة قش الأرز – أى حوالى 5 مليون طن سنوياً، يُمكن الحصول على حوالى 2 مليون طن بترول مكافئ سنوياً (بمعدل 0,4 طن بترول مكافئ/طن مادة جافة).

بعض مجالات الاستفادة من قش الأرز:

- تحويله إلى مواد سماد عضوية.
- تحويله إلى أعلاف غير تقليدية لتغذية الماشية (معاملة باليوريا والحقن بالأمونيا).
- إنتاج الطاقة البديلة مثل البيوجاز والغاز الحرارى. هناك دول تستفيد من قش الأرز فى توليد الكهرباء باستخدام تقنية التغويز.
- إنتاج الغذاء مثل عيش الغراب.
- استخدامه للزراعة على بالات قش الأرز.

محددات الاستفادة من قش الأرز كمصدر للطاقة:

تقدر كثافة قش الأرز بحوالى 40 كجم/متر^3، مما يعنى أن الطن يشغل حيز فى حدود 25 متر^3، وبالتالى يحتاج مساحات كبيرة جداً لتخزينه. وأيضاً هناك صعوبة فى تجميعه ونقله للاستفادة به، لذلك فهو يحتاج إلى كبسه فى بالات لتسهيل عملية نقله إلى مكان الاستفادة به، مما يتطلب توافر عدد كافى من المكابس والجرارات فى فترة زمنية قصيرة تمثل تكلفة استثمارية مرتفعة.

ومازالت مشاركة القطاع الخاص فى مشروعات تدوير المخلفات بشكل عام والزراعية بشكل خاص منخفضة لارتفاع التكلفة الاستثمارية لمثل هذه المشروعات، مما يتطلب العمل على توفير المحفزات المناسبة لتشجيع القطاعات المختلفة على المشاركة فى مثل هذه المشروعات.

- **ورد النيل[1]:**

يمثل ورد النيل مشكلة لموارد المياه فى مصر نظراً للزيادة الكبيرة المستمرة فى كمياته. ويحتوى ورد النيل على مواد عضوية يمكن الاستفادة منها كمصدر للسماد العضوى أو كعلف للماشية (مما يوفر المخلفات الزراعية الأخرى) أو كوقود بعد تجفيفه. وتقدر كمية ورد النيل بنحو 3 مليون

[1] المجلس القومى للإنتاج والشئون الاقتصادية، تقرير 2005/2004، مرجع سبق ذكره، ص ص165-167.

طن/السنة تحتوى على نحو 92% من وزنها ماء، والتي يمكن إنتاج منها غاز حيوى يعادل 24 ألف طن بترول مكافئ/السنة.

- **مخلفات الصناعات الغذائية[1]:**

تقدر كمية المخلفات العضوية عن الصناعات الغذائية عام 1999 بنحو 250 ألف طن سنوياً. (وبالتالى يقدر المحتوى الحرارى بنحو 120 ألف طن بترول مكافئ سنوياً).

- **المخلفات الصناعية[2]:**

يقدر إجمالى المخلفات الصناعية المتاحة كمصدر للطاقة (بعد استخدام حوالى 56% منها لإنتاج الطاقة) بنحو 1,35 مليون طن سنوياً، يمكن الحصول منها على نحو 0,65 مليون طن بترول مكافئ سنوياً. تستخدم بعض الشركات الصناعية أنواع من مخلفاتها لإنتاج طاقة مثل شركة السكر بالحوامدية وسكر الدلتا بالطرق البيولوجية لإنتاج الغاز الحيوى.

- **الحمأة:**

الحمأة هى مزيج شبه صلب من المواد العضوية محملة بمواد كيميائية ومعادن ثقيلة، وتحتوى المواد المترسبة من مياه الصرف الصحى والصناعى على عدد هائل من الميكروبات والفيروسات. لذا فهى تمثل خطراً على الصحة العامة، ويلزم التخلص منها بطرق آمنة صحياً وبيئياً. وتنقسم الحمأة إلى نوعين:

_ حمأة الصرف الصحى وهى الحماة الناتجة عن معالجة مياه الصرف الصحى فى محطات المعالجة الإبتدائية والثانوية. وتحتوى هذه الحمأة على نحو 95% من وزنها ماء، وتصل نسبة

[1] المرجع السابق.

[2] المرجع السابق.

المادة العضوية بها إلى نحو 50%. كما تحتوى على مواد مغذية للتربة مثل النتروجين والفسفور مما يرجح معالجتها لاستخدامها – أو استخدام جزء منها – كمادة مخصبة للتربة الزراعية. كما يمكن حرق هذه الحمأة بعد تجفيفها أو معالجتها بتقنية التخمير اللاهوائى لإنتاج الغاز الحيوى الذى يمكن استخدامه كمصدر بديل للطاقة.

_ الحمأة الصناعية وهى الحماة الناتجة عن معالجة المخلفات الصناعية السائلة، وتنقسم إلى[1]:

- حماة صناعية زيتية ناتجة عن تخزين الزيوت والمواد النفطية، ويمكن معالجة هذه الحمأة بتقنية مناسبة لاسترجاع الزيوت، كما يمكن حرقها أيضاً كمصدر للطاقة.
- حماة صناعية كيميائية تحتوى على كميات من المواد العضوية وغير العضوية، والتي يمكن استخدامها لإنتاج مواد مخصبة للتربة الزراعية، كما يمكن حرقها أيضاً كمصدر للطاقة.
- حماة صناعية تحتوى على كميات من المعادن الثقيلة مثل الزئبق والرصاص، ويمكن حرقها أيضاً فى محارق خاصة لاستخدامها كمصدر للطاقة.

تقدر كمية حمأة الصرف الصحى بحوالى 1,5 مليون طن سنوياً تحوى طاقة بمقدار 0,2 طن بترول مكافئ لكل طن حمأة، وبذلك يبلغ إجمالى المحتوى الحرارى للحمأة حوالى 0,3 مليون طن بترول مكافئ (بناءً على تقديرات عام 2010/2009). تنتج محطة الصرف الصحى فى الجبل الأصفر نحو 300 طن حمأة يومياً (نحو 108500 طن سنوياً) يتم استخدامها لإنتاج طاقة تمثل أكثر من 70% من طاقة تشغيل المحطة [2]. كما تستخدم السوائل الناتجة عن المعالجة فى الزراعة والمواد الصلبة فى التسميد.

- **أنواع أخرى من المخلفات الصلبة:**

المخلفات البلاستيكية:

[1] Kbase.momra.gov.sa/viewpdf.aspx?1D=970

[2] Digital.ahram.org.eg/articles.aspx?/serial=309590&eid=1439

بلغ إجمالى الكمية المنتجة من الأكياس البلاستيكية فلى عام 2008 حوالى 84451 طن[1].
تقدر القيمة الحرارية لهذه الكمية (على أساس:0,4 – 0,48 طن بترول مكافئ للطن) بعد استخدامها والتخلص منها بحوالى 33,8– 40,5 ألف طن بترول مكافىء.

المخلفات الورقية:

بلغ إجمالى الكمية المنتجة من الأكياس الورقية فى عام 2008 حوالى 995 طن، تقدر القيمة الحرارية لهذه الكمية (على أساس 0,4 – 0,48 طن بترول مكافئ للطن) بعد استخدامها والتخلص منها بحوالى 398–478 طن بترول مكافئ.

2- المخلفات الخطرة:

تتصف المخلفات الخطرة بصفة أو أكثر من صفات الخطورة مثل: السمية، القابلية للاشتعال أو الانفجار–التآكل–الفاعلية، الأكسدة–المهيجة – المعدية – المسرطنة– المشوهة– المطفرة وغيرها. تتولد المخلفات الخطرة من جميع الأنشطة التنموية. ومن أمثلة المخلفات الخطرة التى تنتج من جميع الأنشطة:

- مخلفات الزيوت والشحوم والأحبار.
- بطاريات مستعملة أو منتهية الصلاحية.
- إطارات سيارات مستخدمة.
- متبقيات المبيدات أو مبيدات منتهية الصلاحية أو غير مطابقة للمواصفات.
- العبوات الفارغة للكيماويات.
- متبقيات الكيماويات أو كيماويات منتهية الصلاحية أو غير مطابقة للمواصفات.

أ- استخدام بعض المخلفات الخطرة كمصدر للطاقة:

تحتوى المخلفات الخطرة على محتوى حرارى تختلف قيمته حسب نوع المخلفات. فمثلاً مخلفات إطارات السيارات تبلغ قيمتها الحرارية 0,67 – 0,72 ط. ب. م/طن، بينما تبلغ القيمة

[1] وزارة الدولة لشئون البيئة، تقرير حالة البيئة فى مصر 2009، إصدار يونيو 2010.

الحرارية لمخلفات المذيبات 0,43–0,48 ط. ب. م/طن. ويمكن استخدام مثل هذه المخلفات كمصدر للطاقة إما فى نفس الصناعة أو فى صناعات أخرى.

ب–استخدام نفايات المطاط(الكاوتش) كمصدر للطاقة:

تمثل إطارات المركبات المستهلكة خطراً شديداً على البيئة وعلى صحة الإنسان، فهى إذا حرقت عشوائياً تؤدى إلى انبعاث كميات هائلة من غاز ثانى أكسيد الكربون وملوثات أخرى تؤثر سلباً على طبقة الأوزون، وعلى الجانب الآخر تمثل هذه المخلفات مصدراً للطاقة، حيث تشير بعض المعلومات إلى أن:

- الإطارات تعطى نفس الطاقة التى يعطيها الفحم وإلى إمكانية استخدامها كمادة حرق لإنتاج الأسمنت.
- الطن من الإطارات يكافئ 0,7 طن وقود.
- 12 مليون إطار تحوى من الطاقة ما يوازى ثلاثة ملايين برميل من النفط، أى أن 12 مليون إطار تحوى ما يوازى 0,41 مليون طن نفط تعادل حوالى 0,4 مليون طن بترول مكافئ.

ومن ثم بناءً على الإحصاءات المتاحة، يصل إجمالى عدد المركبات فى مصر فى عام 2012 نحو 6607432 مركبة (تشمل السيارات بأنواعها(4883046) والدراجات البخارية (1674812) والتوك توك (49574)). وبالتالى يقدر عدد الإطارات فى عام 2012 بحوالى 23 مليون إطار. وبفرض العمر الافتراضي لهذه الإطارات خمسة سنوات فى المتوسط، يصبح إجمالى الإطارات المستهلكة سنوياً 4,6 مليون إطار. وتقدر كمية الطاقة التى تحويها بما يوازى 1,15 مليون برميل من النفط تعادل حوالى 153 ألف طن بترول مكافئ.

ج– الزيوت المستعملة: يمكن استخدامها أيضاً كوقود بديل لارتفاع محتواها الحرارى.

د– حمأة الصرف الصناعى: تحتوى حمأة الصرف الصناعى على معادن ثقيلة ومواد كيميائية يمكن أن تكسبها صفة الخطورة. لذلك يعتبر الحرق أحد أساليب التخلص الآمن.

هـ- محددات استخدام المخلفات الخطرة كمصدر للطاقة:

مازالت المخلفات الخطرة فى مصر تمثل أحد المشكلات البيئية الهامة من حيث تأثيراتها الصحية والبيئية، وعدم توفر نظم كاملة ومتكاملة لإدارتها بشكل سليم. ومن أهم محددات استخدام هذه المخلفات ما يلى:

- انخفاض الوعى بأهمية وخطورة هذه المخلفات وبطرق الاستفادة منها، خاصة فى ظل نقص مصادر الطاقة التقليدية والحاجة إلى مصادر أخرى.
- قصور البيانات والمعلومات الكافية التى يمكن من خلالها وضع سياسات وخطط التعامل الآمن معها والاستفادة منها.
- عدم توفر البنية الفنية الأساسية التى يمكن من خلالها تنفيذ نظم فرز وفصل وتصنيف هذه المخلفات من المنبع لتعظيم الاستفادة من هذه المخلفات.
- إن تعظيم الاستفادة من هذه المخلفات كمصدر للطاقة فى مصر يتطلب تنسيق قوى بين الجهات المنتجة للمخلفات والجهات المستفيدة منها مع توفير التمويل الكافى لكل مراحل إدارة هذه العملية.

3- بعض سيناريوهات استخدام المخلفات كمصدر للطاقة:

يعرض جدول (2-4) موجزاً لبعض أنواع المخلفات وفرص استخدامها كمصدر للطاقة فى مصر، حيث يتضح من الجدول ما يلى:

- أن المحتوى الحرارى لبعض الكميات من بعض أنواع المخلفات الصلبة تقدر بأكثر من 7,1 مليون طن بترول مكافئ. وتعادل هذه الكمية الطاقة الحرارية الناتجة من نحو 7,13 مليون طن زيت خام أو نحو 6,4 مليون طن غاز طبيعى (تعادل نحو 8,5 مليار متر^3 غاز طبيعى).
- يمثل هذا المحتوى الحرارى (7,1 مليون طن بترول مكافئ) حوالى 24% من إجمالى استهلاك الوقود الحرارى لإنتاج الكهرباء فى عام 2012/2011 المقدر بنحو 29728 ألف طن بترول مكافئ.

- يمكن عرض سيناريوهان للاستفادة من طاقة المخلفات كما يلى:

السيناريو الأول: استخدام المخلفات كما هو مبين بجدول (2-4) (تشغيل كافة مصانع تحويل المخلفات إلى مواد سمادية، واستخدام 50% من المخلفات البلدية المتبقية، 20% من المخلفات الزراعية). فى هذه الحالة يمكن توفير حوالى 7,1 مليون طن بترول مكافئ.

السيناريو الثانى: استخدام جميع المخلفات البلدية والزراعية مع المخلفات السالف ذكرها كمصدر للطاقة على النحو التالى:

- المخلفات البلدية الصلبة: فى حالة تشغيل مصانع تحويل هذه المخلفات إلى مواد سمادية تستخدم حوالى 4 مليون طن سنوياً، ويتبقى نحو 17 مليون طن تحوى حوالى 2 مليون طن بترول مكافئ.

ويقدر إجمالى الطاقة الممكن توفيرها وفقاً لهذا السيناريو بنحو 16,2 مليون طن بترول مكافئ سنوياً.

جدول(2-4): أنواع المخلفات وفرص استخدامها كمصدر للطاقة في مصر

النوع	إجمالى الكمية (مليون طن/سنة)	كمية المادة الجافة المتاحة (مليون طن/سنة)	وحدة الطاقة (ط ب م) لكل طن مادة جافة	إجمالى المحتوى الحرارى (ط .ب .م/سنة)	ملاحظات
البلدية الصلبة	21	4	,25	مليون	تحتاج نظم متكاملة لتجميعها ونقلها.
الزراعية	25	5	,4	2 مليون	تشمل قش الأرز وتحتاج نظم متكاملة لتجميعها وكبسها ونقلها
الحيوانية	177	8,3	,35	2,9 مليون	بعض المخلفات الحيوانية فقط
ورد النيل	3	3		24 ألف	الكميات متزايدة باستمرار
المخلفات الصناعية		35,1	,48	65 مليون	تحتاج تحديث وتدقيق البيان
مخلفات الصناعات الغذائية		,250	,48	120 ألف	بيانات عام 1999

حمأة الصرف الصحى		1,5	,2	,3	
المخلفات البلاستيكية	8445 طن سنوياً		,48	40 ألف	كمية الإنتاج من الأكياس البلاستيكة والورقية. هناك مخلفات بلاستيكية وورقية أخرى غير واردة فى هذا البيان. تحتاج نظم متكاملة للفرز من المنبع والجمع و...إلى آخر المنظومة
المخلفات الورقية	995		,48	470	مثل البلاستيكية
نفايات المطاط (إطارات السيارات المستهلكة)	4,6 مليون إطار			153 ألف	
الجملة				7,187500	

المصدر: إعداد الباحث اعتماداً على البيانات الواردة فى الجزء الخاص بطاقة المخلفات فى هذا الفصل.

ويتطلب تنفيذ هذه السيناريوهين توفير نظم متكاملة مناسبة لمواقع تولد المخلفات تتضمن فرز وتصنيف وجمع ونقل وكبس وفرم هذه المخلفات.

4- استخدام المخلفات كمصدر للطاقة فى صناعة الأسمنت:

صناعة الأسمنت من الصناعات كثيفة استخدام الطاقة. وتمثل تكلفة مصادر الطاقة المستخدمة فى صناعة الأسمنت نسبة كبيرة من تكلفة الإنتاج. ففى مصر تمثل تكلفة مصادر الطاقة فى صناعة الأسمنت حوالى 24% من اجمالى التكلفة، لذلك تحاول بعض مصانع الأسمنت استخدام مصادر بديلة للطاقة لتخفيض التكلفة من ناحية ولتقليل انبعاثات ثانى أكسيد الكربون (غاز الاحتباس الحرارى) الذى يؤدى إلى ظاهرة الاحتباس الحرارى وبالتالى التغيرات المناخية المحتملة. وتتمثل الطاقة البديلة التى يمكن أن تحل محل الوقود الأحفورى فى صناعة الأسمنت فى مصر فى طاقة المخلفات. ومن أمثلة المخلفات التى يمكن استخدامها كوقود بديل فى صناعة الأسمنت: إطارات السيارات المستهلكة – مخلفات الزيوت والمذيبات– مخلفات صناعة البترول، المخلفات الزراعية، الحمأة، المخلفات البلدية، بقايا الأخشاب.

أ- مزايا استخدام مصادر الطاقة البديلة فى صناعة الأسمنت[1]:

- يساعد فى التخلص الآمن من المخلفات التى تتولد بشكل مستمر من الأنشطة المختلفة، وبالتالى التخفيف من الآثار الضارة لتواجد وتراكم هذه المخلفات وتخفيض تكلفة التعامل الآمن معها.
- الحفاظ على مصادر الوقود الأحفورى (وهى مصادر قابلة للنضوب).
- تقليل انبعاثات غاز ثانى أكسيد الكربون، وهو الغاز المساهم فى ظاهرة الاحتباس الحرارى وبالتالى التغيرات المناخية.
- توفر أفران الأسمنت فرص آمنة للتخلص من المخلفات القابلة للاحتراق، نظراً لدرجات الحرارة العالية للأفران، ومدة بقائها التى تسمح بتدمير الخلايا الحيوية بالمحروقات بدون التأثير على خصائص الكلنكر(وهو المادة الأسمنتية الناتجة من الأفران) .

ب- استخدامات الطاقة البديلة فى صناعة الأسمنت على المستوى الدولى:

- تستخدم كثير من الدول مصادر الطاقة البديلة من المخلفات مثل اليابان، والولايات المتحدة.
- تستخدم دول مثل المملكة المتحدة، وفرنسا، وبلجيكا، وهولندا، وألمانيا مصادر الوقود البديل بنسبة تتراوح بين 80% ، 90% من إجمالى كميات الوقود المستخدمة.
- فى الإمارات[2]: وقعت بلدية الفجيرة اتفاقية مع شركة أيكوسيم كونسلت (إحدى شركات مجموعة لافارج العالمية والتى تدير مصنع الإمارات للأسمنت) لمعالجة الرواسب والمخلفات النفطية (التى تصنف كمخلفات خطرة) باستخدامها كطاقة بديلة فى صناعة الأسمنت.
- شركة لافارج العالمية تسعى إلى تقليل استهلاك الطاقة التقليدية فى صناعة الأسمنت واستخدام الوقود البديل المتمثل فى المخلفات الصناعية، وخاصة الخبث، والرماد المتطاير. وقد أدت هذه السياسة التى التزمت بها الشركة منذ عام 2001 إلى هبوط انبعاثات ثانى أكسيد الكربون بنسبة 7,2% للطن بين عامى 1990، 2009 وهبوط المستوى المطلق لانبعاثات ثانى أكسيد الكربون بنسبة 37,7% خلال هذه الفترة [3].

---

[1] مجلس الوزراء، مركز المعلومات ودعم اتخاذ القرار، قطاع الدراسات التنموية: أثر تحرير مدخلات صناعة الأسمنت على الصناعة والمستهلك النهائى، مارس 2005.

[2] www.bee2ah.com

[3] www.lafarge.com.eg

ج- احتياجات صناعة الأسمنت فى مصر من الوقود البديل:

تعتمد صناعة الأسمنت فى مصر على الكهرباء والغاز الطبيعى والمازوت كمصادر للطاقة، ويحتاج إنتاج الطن من الأسمنت إلى حوالى 63,6 متر مكعب غاز طبيعى، 0,04 طن مازوت، 156 ك. و. س كهرباء[1]. ويعنى ذلك أن إنتاج طن أسمنت يحتاج إلى نحو 0,053 + 0,039= 0,092 ط. ب. م، بالإضافة إلى 156 ك. و. س كهرباء[2].

تشير البيانات المتاحة إلى أن إنتاج الأسمنت فى مصر بلغ فى عام 2011/2010 نحو 43884,4 ألف طن[3]. وبناءً على ذلك:

فى حالة تحويل صناعة الأسمنت إلى الوقود البديل، يحتاج إنتاج كمية مساوية لإنتاج عام 2011/2010 (أى حوالى 44 مليون طن سنوياً من الأسمنت) إلى نحو 4 مليون طن بترول مكافئ سنوياً، بالإضافة إلى 6,88 جيجاوات ساعة. ويمكن الحصول على هذه الكمية من المخلفات الآتية: قش الأرز والمتبقيات الزراعية، المخلفات الصلبة البلدية المضغوطة RDF إطارات السيارات المستهلكة بعد فرمها، مخلفات الزيوت والمذيبات العضوية. ولكن يجب مراعاة أن هناك استخدامات أخرى لقش الأرز والمتبقيات الزراعية فى أغراض التغذية مما يحبذ استخدامها بشكل جزئى كمصدر للطاقة.

د- استخدام الوقود البديل فى أفران الأسمنت فى مصر:

يوضح ملحق (2) تجارب بعض شركات الأسمنت المصرية لاستخدام طاقة المخلفات كطاقة بديلة[4]. حيث تستخدم – أو تخطط أو تقترح – بعض شركات إنتاج الأسمنت، مثل

---

[1] مجلس الوزراء، مركز المعلومات ودعم اتخاذ القرار، قطاع الدراسات التنموية، مرجع سبق ذكره.

[2] على أساس أن : طن غاز طبيعى =111 , 1 ط. ب. م، طن غاز طبيعى = 1330 م^3، طن مازوت = 972, ط. ب. م (المصدر:هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، التقارير السنوية).

[3] الجهاز المركزى للتعبئة العامة والإحصاء، كتاب لمحة احصائية 2012.

[4] موقع أسمنت مصر http://www.cementegypt.

أسمنت أسيوط ولافارج والسويس والقطامية وحلوان، مخلفات زراعية ونفطية وحمأة ومخلفات منزلية (فى صورة RDF) كمصدر للوقود البديل لتوفير جزء من المصادر التقليدية للطاقة. حيث يشير هذا الملحق إلى أن شركة لافارج للأسمنت تستخدم بعض أنواع المخلفات الخطرة وغير الخطرة مثل :

- 23 ألف طن سنوياً من مخلفات النفط المحلية ومخلفات صناعة المستحضرات الصيدلانية.
- 72 ألف طن سنوياً من المخلفات الزراعية ومن مفروزات القمامة المضغوطة(RDF).
- 120 ألف سنوياً من مخلفات قش الأرز.

ومن ثم من الممكن أن تستبدل شركات أخرى جزءاً من مصادر طاقتها التقليدية لإنتاج الأسمنت ببعض أنواع المخلفات مثل المخلفات الزراعية وقش الأرز، والمخلفات المنزلية فى صورة RDF (أكثر من 626 ألف طن)، والحمأة (حوالى 30 ألف طن) .

يقدر المحتوى الحرارى لإجمالى المخلفات التى يمكن استخدامها – وفقاً لهذا الملحق – كمصدر بديل للطاقة في مصانع الأسمنت، وبالتالى تمثل وفراً فى الطاقة التقليدية بنحو307 ألف طن بترول مكافئ تعادل نحو 308 ألف طن زيت خام، أو نحو 276 ألف طن غاز طبيعى.

رابعاً: الطاقة النووية

هناك جدل فى كثير من الدول حول استخدام الطاقة النووية كمصدر للطاقة خاصة بعد حادثى "تشرنوبل" بالاتحاد السوفيتى سابقاً و"فوكوشيما" باليابان فى عامى 1986، 2011 على التوالى. فمثلاً فى الأردن يوجد جدل بين معارضين يؤكدون عدم التأهل لإدارة المحاذير النووية، ومناصرين يطمئنون إلى أخذ كل شروط السلامة فى الاعتبار. فى 2012/5/30 أصدر مجلس النواب توصية ملزمة للحكومة بوقف المشروع النووى مؤقتاً حتى إعداد دراسة جدوى اقتصادية وتوفير التمويل اللازم لإقامة المفاعل.

بالنسبة لدول الخليج تركز معظم هذه الدول على الطاقة الشمسية وطاقة الرياح وهناك بعض الدول التى لديها مشروعات نووية _ مع مشروعات طاقة الرياح أو الطاقة الشمسية _ مثل السعودية والإمارات، بينما أوقفت حكومة الكويت خططها النووية بعد حادث " فوكوشيما" باليابان.

ويوضح البيان التالى المشروعات التى كان من المتوقع تنفيذها فى عام 2013 بدول الخليج واستثماراتها[1]:

البحرين تركز حالياً على الطاقة الشمسية وطاقة الرياح بإجمالى استثمارات 133 مليون دولار أمريكى

الكويت تركز حالياً على الطاقة الشمسية باجمالى استثمارات 600 مليون دولار أمريكى، تنفذها الحكومة.

أوقفت حكومة الكويت خططها النووية بعد حادث محطة "فوكوشيما" باليابان.

عمان لديها ستة مشروعات للطاقة الشمسية وطاقة الرياح بإجمالى استثمارات 21 مليون دولار أمريكى تنفذها الحكومة بمشاركة من القطاع الخاص. ليس لدى عمان خطط نووية المستقبل.

قطر سبعة مشروعات طاقة شمسية وطاقة الرياح بإجمالى استثمارات مليار دولار أمريكى للطاقة الشمسية فقط، تنفذها الحكومة بمشاركة بسيطة من القطاع الخاص.

السعودية لديها 16 مشروعاً لمفاعلات نووية وطاقة شمسية بإجمالى استثمارات 100 مليار دولار أمريكى تنفذها الحكومة والقطاع الخاص.

الإمارات لديها 4 مشروعات نووية وطاقة شمسية بإجمالى استثمارات 20 مليار دولار أمريكى، مشاركة من القطاع الخاص وجهات أخرى.

فى مصر: هناك من يؤيد ويؤكد على أهمية البرنامج النووى لإنتاج الكهرباء، وهناك من يعارضه. يؤكد بعض الخبراء على أهمية استخدام الطاقة المتجددة وخاصة طاقة الرياح والطاقة الشمسية، ولكن ليس كبديل للطاقة النووية ولكن إضافة هامة لها[2]. بينما يشير بعض الخبراء إلى أنه لابد من الطاقة النووية ولا يمكن الاعتماد على الطاقة الشمسية فى توفير احتياجات مصر المستقبلية من الكهرباء. بينما يؤكد آخرون إلى أن اللجوء للطاقة الشمسية أمر لا مفر منه خاصة أن مصر تتمتع بطاقة شمسية هائلة معظم أيام السنة. وقد بدأت دول كثيرة مثل ألمانيا

[1]VME Research, Gulf Research Center, Knowledge for All, Analysis, March 2013: The Role of Renewable Energy in Gcc- Japan Relations, Horiko Suzuki.

[2] جمعية المهندسين المصريين، ندوة علمية بعنوان " الطاقة النووية فى إطار رؤية متكاملة لمنظومة الطاقة فى مصر ومدى صلاحية موقع الضبعة، 3 أبريل 2012.

والنمسا والدنمارك وأيرلندا وسويسرا وإيطاليا منع إنشاء المزيد من محطات الطاقة النووية وإغلاق المحطات الموجودة بالفعل.

وعلى الرغم من هذه الآراء والمحددات فإن هناك اتجاه فى بعض الدول العربية لإنشاء محطات طاقة نووية لإنتاج الكهرباء مثل السعودية والإمارات. بينما أوقفت الكويت خططها النووية بعد حادث "فوكوشيما" باليابان.

يشير تقرير للمجالس القومية المتخصصة إلى أنه فى ظل القيود التى تفرضها محدودية مصادر الطاقة والمياه العذبة، وفى ظل استنزاف موارد الغاز الطبيعى لتوليد الكهرباء، فإن حتمية طرح بديل استراتيجي لتوليد الكهرباء من الطاقة النووية تصبح أكثر إلحاحاً[1]. ويدعو التقرير إلى سرعة العمل على تنفيذ برنامج قومى لإنشاء محطات نووية لتوليد الكهرباء وتحلية المياه. كما أشار التقرير إلى الدراسات التى تمت على المستوى العالمى والمحلى بخصوص اقتصاديات المحطات النووية، والتى خلصت إلى ارتفاع التكلفة الرأسمالية لمحطات الطاقة النووية، إلا أن التكلفة الكلية لإنتاج الكهرباء من المحطات النووية أقل من المحطات الأخرى (البخارية والحرارية التى تستخدم الغاز الطبيعى)، وتشمل هذه التكلفة تكاليف التشغيل والصيانة والوقود والتكلفة الرأسمالية بعناصرها المختلفة والتكلفة التمويلية، وكذلك تكلفة الإغلاق وإدارة النفايات. وتؤثر التكلفة البيئية على اقتصاديات إنتاج الكهرباء بالطاقة النووية، حيث تتحسن هذه الاقتصاديات عند أخذ تكلفة إزالة ثانى أكسيد الكربون فى الاعتبار.

كذلك عرض التقرير لبعض الإشكاليات الخاصة بمحطات الطاقة النووية، والتى يجب أن تؤخذ فى الاعتبار عند إعداد دراسات الجدوى لهذه المحطات، والتى تتلخص فيما يلى:

[1] المجالس القومية المتخصصة، تقرير المجلس القومى للإنتاج والشئون الاقتصادية، الطاقة النووية، توليد الكهرباء وتحلية المياه، الدورة الثالثة والثلاثون، 2006 – 2007.

- التمويل: حيث تتصف المحطات النووية بارتفاع التكلفة الاستثمارية (حوالى 1000–2000 دولار لكل ك.و.مركب)، وربما أكثر من ذلك إذا تعرض المشروع لأى تأخير، بالإضافة إلى أن المحطة النووية تحتاج إلى فترة إنشاء تتراوح ما بين 6–8 سنوات،
-

وعدم وجود عائد من المشروع أثناء فترة الإنشاء، مما يزيد من المتطلبات المالية. كما أن مشروعات الطاقة النووية يمكن أن تتعرض للعديد من المتغيرات التى قد تعطل المشروع وتزيد من فترة الإنشاء مثل طلب إجراء تعديلات فى التصميمات، أو عدم كفاية التمويل أو ارتفاع معدل التضخم فى الدولة محل التنفيذ أو فى دولة المنشأ.

- وهناك أيضاً عامل هام وهو القبول المجتمعى للمشروع، والذى يمكن أن يؤثر على تنفيذ المشروع وتأخيره مما يزيد من فترة الإنشاء، وبالتالى يزيد من التكلفة الاستثمارية.
- مع تزايد قدرات المفاعلات النووية تزايدت المخاوف لدى بعض فئات المجتمع من حيث التأثير بعيد المدى عند التعرض للدرجات المنخفضة من الإشعاع، وأيضاً التخوف من حدوث كوارث نووية، بالإضافة إلى التخوف من الآثار السلبية على البيئة فى حالة عدم التخلص الآمن من النفايات النووية. ولكن يشير التقرير إلى عدم وجود مشاكل فنية للتعامل مع النفايات النووية.

وقد أوصى التقرير فى النهاية إلى الإسراع فى تنفيذ البرنامج الخاص بإقامة المحطات النووية اللازمة لتوليد الكهرباء بموقع الضبعة المعد لذلك بقدرة إجمالية 4× 1000 ميجاوات ضمن خطة وزارة الكهرباء والطاقة، وذلك من أجل الوفاء باحتياجات مصر من الطاقة وترشيد استخدام الغاز الطبيعى.

يشير الجدل حول استخدام الطاقة النووية فى مصر والتخوف من احتمالات الحوادث المدمرة للبيئة والصحة إلى أنه بالرغم من أن الطاقة النووية تعتبر مصدراً نظيفاً للطاقة لا ينتج عنها انبعاثات غاز ثانى أكسيد الكربون التى تنتج عن حرق المواد البترولية وتسبب ظاهرة الاحتباس الحرارى، إلا إنه على الجانب الآخر، ينتج عن استخدام الطاقة النووية انبعاث بعض الملوثات المتمثلة فى غازات منخفضة الإشعاع وسوائل منخفضة الإشعاع، تخضع لمعايير متشددة جداً من حيث التنظيم والتحكم. بالإضافة إلى ذلك أنه فى ضوء ما حدث من حوادث (تشرنوبل

وفوكوشيما)، وبمراجعة التصميمات السابقة للمفاعلات النووية أمكن تطوير تصميمات جديدة تهدف إلى زيادة الآمان Safety، والاعتمادية Reliability، والإتاحة Availability، بجانب تقليل تكلفة الإنشاء والتشغيل[1].

وبناءً على ما سبق فإن استخدام الطاقة النووية لإنتاج الكهرباء فى مصر كمصدر هام من مصادر توليد الكهرباء مع الطاقة الشمسية وطاقة الرياح وطاقة المخلفات – على الأقل في الأجل المتوسط – يستوجب مراعاة ما يلى:

- عوامل الآمان على المدى القريب والبعيد وفى ظروف التشغيل المختلفة، وإعداد وتطبيق نظام متكامل لإدارة هذا النشاط شاملاً نظم التنبؤ والمراقبة ومواجهة المخاطر ونظم متكاملة آمنة للتعامل مع الانبعاثات والمخلفات، مع بث ودعم وتطوير ثقافة آمان مستمرة وملائمة للعاملين والأفراد ولا تنتهى بإنشاء وتشغيل المحطات.
- مستوى الوعى والسلوكيات وتقبل المجتمع، وتغيير سلوكيات العاملين بالمنشآت النووية والمسئولين من حيث التعامل الآمن خلال دورة الحياة الكاملة لهذا النشاط بما يحقق – أو يساعد فى تحقيق – الشعور بالآمان.

خامساً: تكلفة إنتاج وحدة الطاقة من المصادر المختلفة:

مع الأخذ فى الاعتبار أن الكثير من تكنولوجيات إنتاج الطاقة الجديدة والمتجددة فى مصر هى تكنولوجيات مستوردة، وفى ضوء محدودية البيانات المتاحة، يكون من المهم مقارنة تكلفة إنتاج وحدة الطاقة للمصادر المختلفة وفقاً لما يلى:

- قامت الوكالة الدولية للطاقة بدراسة تحليلية لتكلفة إنتاج الكهرباء من مصادر مختلفة للطاقة المتجددة فى المحطات القائمة على مستوى العالم أوضحت أن[2]:

  - تتراوح تكلفة إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية باستخدام الخلايا الكهروضوئية بين0,15–0,31 دولار/ك.و.س، وباستخدام الإشعاع المركز0,14–36,. حسب التكنولوجيا المستخدمة وشدة السطوع الشمسى.

[1] المجالس القومية المتخصصة، 2007/2006، مرجع سبق ذكره، ص ص 49–50، ص85.

[2] IRENA 2013: Renewable Power Generation Cost 2012, An Overview.

- تتراوح تكلفة إنتاج الكهرباء من طاقة الرياح بين 06,.– 14,. دولار/ك.و.س، وقد تنخفض كثيراً عن ذلك.
- تتراوح تكلفة إنتاج الكهرباء من حرق الكتلة الحيوية بين 06,.–15,. دولار/ك.و.س، وقد تكون أقل تكلفة حسب توفر المواد الأولية (المخلفات) ومستوى تقدم الدول.

- على مستوى أفريقيا: تشير الدراسة سالفة الذكر إلى ما يلى:

- إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية يمثل أعلى تكلفة رأسمالية، حيث تمثل العنصر الأساسى فى تكلفة إنشاء محطات الطاقة الشمسية، بينما تمثل تكلفة التشغيل أقل العناصر، يليها طاقة الرياح، ثم المحطات المائية الصغيرة، وحرارة الأرض.
- تعتبر طاقة الكتلة الحيوية أرخص مصادر الكهرباء (أقل تكلفة لوحدة الطاقة) بالتساوى مع المحطات المائية الكبيرة.
- تختلف محطات إنتاج الكهرباء من طاقة الرياح حسب موقع المحطة، فالمحطات الشاطئية تكلفتها أقل. وتمثل تكلفة التوربين _ شاملاً ريش التوربين _ النسبة الكبرى فى التكلفة. أما تكلفة إنشاء الأبراج الحاملة للتوربين فهى منخفضة كثيراً.

- بالنسبة لمحطات الرياح كما سبق ذكره (بناءً على جدولى ((1–1)، (1–2)) تبلغ قيمة تمويل محطة طاقة شمسية مركزة ضعف قيمة التمويل المتاح لمحطة طاقة رياح بنفس القدرة وبنفس ظروف التمويل.
- بالنسبة لإنتاج الكهرباء من الطاقة النووية يشير تقرير المجالس القومية المتخصصة إلى أنه بالرغم من ارتفاع التكلفة الرأسمالية لمحطات الطاقة النووية، إلا أن التكلفة الكلية لإنتاج الكهرباء من المحطات النووية أقل من المحطات الأخرى (البخارية والحرارية التى تستخدم الغاز الطبيعى)[1]. وتشمل هذه التكلفة تكاليف التشغيل والصيانة والوقود والتكلفة الرأسمالية

[1] المجالس القومية المتخصصة، 2007/2006، مرجع سبق ذكره.

بعناصرها المختلفة والتكلفة التمويلية، وكذلك تكلفة الإغلاق وإدارة النفايات. وتؤثر التكلفة البيئية على اقتصاديات إنتاج الكهرباء بالطاقة النووية، حيث تتحسن هذه الاقتصاديات عند أخذ تكلفة ازالة ثانى أكسيد الكربون فى الاعتبار.

- من العناصر الهامة فى حساب التكلفة معرفة الفترة التى يستغرقها إنشاء المشروع.

الفصل الثالث

سياسات تحفيز إنتاج واستخدام
الطاقة الجديدة والمتجددة

مقدمة:

تواجه مصر تحديات كثيرة لتحقيق أهداف استراتيجية الطاقة بتحقيق 20% من إجمالى الطاقة الكهربائية المولدة من الطاقة الجديدة والمتجددة بحلول عام 2020. ولمواجهة هذه التحديات فإن على مصر أن تدعم العناصر الإيجابية فى سياساتها الحالية لتطوير إنتاج واستخدام الطاقة الجديدة والمتجددة، وأن تتبع الإجراءات والسياسات المناسبة فى هذا السياق، والتى من شأنها أن تحدث تغيرات جذرية فى هياكل البنية التحتية للطاقة، بحيث يصبح إنتاج واستخدام مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة تنافسياً مع إنتاج واستخدام مصادر الطاقة التقليدية.

ولذا يتناول هذا الفصل السياسات والآليات المحفزة على إنتاج واستخدام مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة فى مصر، كما يعرض السياسات والآليات المحفزة على إنتاج واستخدام مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة فى التجارب الدولية وتوصيات المؤسسات الدولية المبنية على هذه التجارب، وذلك من أجل الاستفادة منها فى الحالة المصرية.

أولاً: سياسات تحفيز إنتاج واستخدام الطاقة الجديدة والمتجددة فى مصر:

إن الاستثمار فى الطاقة المتجددة الذى قامت به هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة وتم تمويله من خلال بنوك التنمية كان مقصوراً على التمويل بالأصول فى المراحل المبكرة فى تطوير طاقة الرياح والطاقة الشمسية فى الخمس سنوات الأخيرة. ووفقاً لمؤسسة بلومبرج لتمويل الطاقة المتجددة عن الاتجاهات العالمية فى الاستثمار فى الطاقة المتجددة فى عام 2011، فإن الاستثمار بلغ فى عام 2010 أقصاه بمقدار 158 مليار دولار على مستوى العالم نتيجة الاستثمارات الحكومية الواسعة فى ما وراء البحار[1].

1- الإطار التنظيمى والحوافز المالية لتطوير طاقة الرياح:

[1]International Renewable Energy Agency (IRENA). "Financial Mechanisms and Investment Frameworks for Renewables in Developing Countries". December 2012.

هناك اتجاه لتطوير الإطار التنظيمى للطاقة المتجددة فى مصر. وفى الوقت الحالى فإن الحوافز المالية وأهداف الطاقة المتجددة متضمنة فى مسودة قانون الكهرباء، ولكن نظراً لتعطل البرلمان لم يتم التصديق على قانون الكهرباء، ويتم التنفيذ من خلال إجراءات من المجلس

الأعلى للطاقة بموافقات وزارية، حيث أن بعض الحوافز تتطلب موافقة برلمانية وبعضها يمكن تنفيذه من خلال موافقات وزارية، وذلك للتقدم فى تنفيذ استراتيجية الطاقة المتجددة.

ومن أجل بناء الطاقة اللازمة لتنفيذ أهداف استراتيجية 2020 بالنسبة للطاقة المتجددة فقد التزمت مصر باستراتيجيات حكومية وتجارية لطاقة الرياح. يتم تنفيذ وتطوير المشروعات الحكومية من خلال هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة التى تمتلك هذه المشروعات. وتقوم وكالات تمويل ثنائية ومتعددة الأطراف بتمويل هذه المشروعات، بالإضافة إلى منح حكومية ومناقصات عامة. أما البرامج التجارية فهى مناقصات تنافسية واسعة النطاق لمشروعات مستقلة لإنتاج الطاقة (IPP)، منها مشروعات كبيرة، وأخرى صغيرة.

فالمناقصات التنافسية التجارية لبرامج طاقة الرياح للمشروعات الكبيرة لإنتاج الطاقة تهدف إلى اختيار مشروعات ذات خبرة من خلال المناقصة التنافسية للعمل بنظام (BOO) لبناء وتملك وتشغيل وحدات طاقة رياح على مدى من 20 إلى 25 عام فى مواقع محددة على سواحل خليج السويس وشرق وغرب نهر النيل. وسوف تشترى الشركة المصرية لتوزيع الكهرباء الطاقة المتولدة من وحدة إنتاج طاقة الرياح خلال الفترة الزمنية المتفق عليها وفقاً لشروط اتفاق شراء الطاقة (PPA). وتستفيد هذه المشروعات من الحوافز التى تقرها الحكومة.

أما البرامج التجارية لطاقة الرياح للمشروعات الصغيرة لإنتاج الطاقة، والتى تستفيد من تعريفة تغذية الطاقة، وهى فى مجال التخطيط لها ولم تعمل بعد، حيث تنتظر تصديق البرلمان على التشريع. هذه البرامج سيتم تنفيذها على مزارع للرياح حتى طاقة 50 ميجاوات، وذلك لتنفيذها إما فى مواقع محددة سلفاً من الحكومة، أو على مواقع خاصة مملوكة للمطورين. وتقوم الشركة المصرية لتوزيع الكهرباء بشراء الطاقة المتولدة من مزارع الرياح وفقاً لأسعار محددة ومتفقاً عليها مع السلطات المصرية.

وبالإضافة إلى ما سبق هناك نموذج آخر يتم التخطيط له حالياً (وينتظر التشريع) ويتضمن اتفاقاً ثنائياً بين المشروع المستقل لإنتاج الطاقة والمشترى النهائى، وتمثل الشركة المصرية لتوزيع الكهرباء الطرف الثالث. حيث تقوم بتحويل الطاقة من المشروع إلى المستهلك، كما أن الشركة تقوم بشراء طاقة الرياح الزائدة وتوفر طاقة إضافية للمستهلك فى أوقات انخفاض إنتاج طاقة الرياح. ورغم أن تدشين هذه المشروعات المستقلة لإنتاج الطاقة والتفاصيل القانونية ما زالت معلقة إلا أن أول هذه المشروعات ستتولاه الشركة الإيطالية "إيطالجن"، وهى الذراع الخاص بتوليد الطاقة لشركة الأسمنت الإيطالية العملاقة "إيطالسيمنتى". وتخطط شركة إيطالجن لاستثمار 140 مليون يورو لإنتاج 120 ميجاوات لإنشائها على ساحل البحر الأحمر فى منطقة خليج الزيت، وستوفر طاقة لمشروع مجموعة "أسمنت السويس".

ويتوقف نجاح هذه المشروعات للإمداد الذاتى (self-supply) فى مصر على التشريع الذى ما زال معلقاً، وعلى القدرة على الحصول على أراضى تسيطر عليها الحكومة وتتميز بسرعة الرياح بما يحقق جدوى تطوير طاقة الرياح.

2- الحوافز الحكومية للمشروعات المستقلة لإنتاج الطاقة المتجددة Independent Power Producer (IPP):

إن طاقة الرياح التى تم إنشاؤها حتى الآن تم توفيرها بواسطة مشروعات حكومية من خلال هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة. ومع هذه المرحلة الأولى الحكومية الجارية لتطوير طاقة الرياح تركز مصر حالياً على المرحلة الأولى للمشروعات الخاصة لإنتاج الطاقة المستقلة لاستكمال بناء قدرات الطاقة المتجددة. هذه المشروعات تستفيد من الحوافز الحكومية التى أقرها المجلس الأعلى للطاقة، وتتضمن:

- تصاريح تخصيص أراضى من خلال هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة.
- اتفاقات استخدام الأراضى التى يتم توقيعها مع المستثمر مقابل دفع 2% من الطاقة السنوية التى يولدها المشروع.
- تقوم هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة بإعداد دراسة للتقييم البيئى وهجرة الطيور بالتعاون مع مستشارين دوليين وبتمويل من بنك التنمية الألمانى.
- إعفاء كل معدات الطاقة المتجددة وقطع الغيار من الجمارك وضرائب المبيعات.

- توقيع اتفاقيات شراء الطاقة (PPA) لأجل طويل يمتد من 20 إلى 25 عام.
- البنك المركزى يضمن كل الالتزامات المالية لشركة الكهرباء المصرية وفقاً لاتفاقيات شراء الطاقة.
- المشروع يستفيد من شهادات الكربون.
- شركة المشروع تحصل على تصريح لتوليد الطاقة من الهيئة المصرية لتنظيم الكهرباء.

ولقد تم تدشين أول مشروع مستقل لإنتاج الطاقة المتجددة بمقدار 250 ميجابايت وجزء من الشريحة الأولى بمناقصة تنافسية لإنتاج 2,5 ميجابايت. وهذه هى التجربة الأولى فى مصر لدخول القطاع الخاص فى إنتاج الطاقة المتجددة، وأول مشروع يستفيد مطوروه من حوافز حكومية بموافقات وزارية .

وقد اعلنت وزارة الكهرباء والطاقة مؤخراً عن خطة لطرح مزاد للحق فى استخدام أراضى على خليج السويس لبناء وحدات لإنتاج طاقة رياح بطاقة إجمالية 600 ميجابايت، كما أن المستثمرين سيحصلوا على الأقل على 2% من الطاقة المولدة وفقاً لقواعد المزاد.

3- تمويل المشروعات المستقلة لإنتاج الطاقة المتجددة:

يتم تمويل المشروعات بشكل تجارى ويمكن للمقرضين الدوليين الذين يمكنهم توفير شروط تمويل أكثر مرونة أن يلعبوا دوراً رئيسياً، وهذا من شأنه أن يزيد جدوى المشروعات. وفى المرحلة الحالية وبالنظر إلى انخفاض جودة المناخ المالى وأيضاً ضعف استقرار الحكومة، فإن المستثمرين يضيفون مخاطر فى تقييمهم لمصر، وهناك أمل فى عودة الاستقرار المالى ريثما يحدث الاستقرار السياسى.

وبالإضافة إلى ما سبق فإن الشركة المصرية للكهرباء، المسئولة عن مناقصات المشروعات المستقلة لإنتاج الطاقة، ستقوم بالتعاون مع البنك الدولى بطرح المشروعات ليتم تسجيلها وفقاً لبروتوكول كيوتو. وسيتم تخصيص وحدة فى شركة الكهرباء لتكون مسئولة عن بيع شهادات تخفيض انبعاث الكربون للمشروعات، وتظل حصيلة هذه المبيعات ملك الخزانة العامة، ولا تساهم فى حزمة تمويل المشروعات.

وفى الفترة الأخيرة وفى سياق منظومة تشجيع إنتاج واستخدام الكهرباء المنتجة من مصادر الطاقة المتجددة وضعت وزارة الكهرباء فى أكتوبر 2014 تعريفة تغذية جديدة [1] بغرض تحقيق الأهداف التالية:

- تحقيق أهداف استراتيجية الطاقة المعلنة والخاصة بتحقيق نسبة مشاركة للطاقة المتجددة إلى إجمالي الطاقة الكهربائية المنتجة في مصر لتصل إلى نسبة 20% بما فيها الطاقة المائية، وما يمثله ذلك من تأثير على البيئة يتفق مع خطط الدولة لخفض الانبعاثات، وتعظيم الاستفادة من الموارد المحلية من مصادر الطاقة المتجددة لتخفيف العبء عن الموارد البترولية والغاز.
- تشجيع المستثمرين المحليين والدوليين على الاستثمار في إنشاء مشروعات لإنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة، وذلك من خلال آليات تشمل عقود طويلة الأجل وبأسعار مناسبة.
- خلق طلب على استخدام الكهرباء المنتجة من المصادر المتجددة من خلال النسب الإلزامية لشرائح من المستهلكين لشراء تلك الطاقة بأسعارها الاقتصادية. كذلك حزمة من الحوافز لتشجيع المستهلكين لتجاوز النسب الإلزامية دون تحمل الدولة لدعم إضافي للطاقة.
- تحفيز القطاع الصناعي على الدخول في مجال تصنيع وتوطين تكنولوجيا الطاقة المتجددة عن طريق خلق طلب على تلك المعدات والخدمات من خلال زيادة الاستثمار في مجال مشروعات الطاقة المتجددة.

وتتضمن المنظومة آليات لتشجيع كل من الإنتاج والطلب على استخدام الطاقة المتجددة، ومن آليات تشجيع الإنتاج وضع تعريفة تغذية للطاقات المتجددة.

وتعتبر وزارة الكهرباء هذه التعريفة بمثابة آلية لتشجيع إنتاج الكهرباء من مصادر متجددة، بحيث تقوم شركات الكهرباء بشراء الطاقة المتجددة من منتجيها بسعر معلن مسبقاً يحقق عائد جاذب للاستثمار من خلال اتفاقيات شراء طاقة طويلة الأجل لمدة عشرون عاماً لطاقة الرياح، وخمسة وعشرون عاماً للطاقة الشمسية، وهي تختلف باختلاف التكنولوجيا المستخدمة وسعة المحطة وموقعها.

[1] وزارة الكهرباء، جهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك، تعريفة التغذية للطاقة المتجددة فى مصر، أكتوبر 2014 .

وبناءً على هذه المنظومة، تكون شركة النقل وشركات التوزيع ملتزمة بشراء الطاقة الكهربائية المنتجة من كل من الطاقة الشمسية والرياح بالأسعار المحددة. وبذلك لا تتحمل الدولة قيمة دعم الطاقة الكهربائية المنتجة من مصادر متجددة، ولكن سيتم تحميلها على المستهلكين.

وبالنسبة للطاقة الشمسية تكون قيمة التعريفة ثابتة طول مدة التعاقد والتي تبلغ خمسة وعشرون عاماً، ويتم سداد قيمة التعريفة للقدرات من 500 ك.و. فأعلى بالعملة المحلية بناءً على المعادلة التالية:

قيمة التعريفة بالجنيه المصري = 15% من قيمة التعريفة بالدولار * 7.15جنيه + 85% × سعر الصرف يوم الاستحقاق.

وفيما يتعلق بطاقة الرياح : يتم احتساب التعريفة على فترتين زمنيتين، الأولى خمس سنوات والثانية خمسة عشر عاماً بإجمالي مدة تعاقد قدرها عشرون عاماً، وذلك بناءًعلى المعادلة التالية:

قيمة التعريفة بالجنيه المصري = 30% من قيمة التعريفة بالدولار * 7.15جنيه + 70% × سعر الصرف يوم الإستحقاق.

وتقدم الدولة بعض التيسيرات لدعم هذه المنظومة منها:

- وضع القواعد اللازمة لتخصيص الأراضي المملوكة للدولة لتلك المشروعات من خلال نظام حق الانتفاع لمدة تعاقدية تساوى فترة اتفاقية شراء الطاقة.
- إعطاء محطات إنتاج الكهرباء من الطاقات المتجددة الأولوية في الدخول على الشبكة، كما توفر الاتفاقيات اللازمة لشراء الطاقة، متمثلة سواء في الشبكة الكهربائية لنقل الكهرباء أو أحد شبكات توزيع الكهرباء.
- توفير الضمانات الحكومية للمشروعات ذات القدرة أكبر من 500 ك.و.
- توفير تيسيرات التمويل من وزارة المالية بقروض ميسرة : 4% فائدة للمشروعات المنزلية وقدرة حتى 200 ك.و. ، و8% فائدة على المشروعات ذات القدرة من 200 ك. و. ، وحتى 500 ك.و.
- تفعيل قرارات المجلس الأعلى للطاقة بشأن توفير استثمارات مبدئية بقيمة 2 مليار جنيه لإنشاء شبكات النقل والتوزيع.

ثانياً: سياسات تحفيز إنتاج واستخدام الطاقة الجديدة والمتجددة فى التجارب الدولية:

يتناول هذا الجزء أهم توصيات المؤسسات الدولية المبنية على تجارب الدول فيما يتعلق بمجالين محوريين يرتبطان بكل من تسويق وتمويل إنتاج الطاقة المتجددة، ويتداخل معهما السياسات السعرية ومتطلبات التطوير التكنولوجى.

1- سياسات تسويق الطاقة المتجددة [1]:

إن الأسواق الحالية للطاقة بهيكلها القائم وكذلك المؤسسات والسياسات ما زالت تدعم إنتاج واستخدام الطاقة الأحفورية، ويعتبر ذلك تشويها لسوق الطاقة وضد الطاقة المتجددة .

إن تكنولوجيات الطاقة الجديدة والنظيفة توفر مزايا اجتماعية وبيئية، ومع ذلك غالباً ما يتم رفضها من جانب المنتجين لأنهم تعودوا على نمط للتفكير يقوم على محطات الطاقة الكبيرة التقليدية، وكذلك فإن المستهلكين عادة ما يجهلوا نظم الطاقة المتجددة، وذلك لأن السوق لا يعطيهم الإشارات السعرية الصحيحة فيما يتعلق باستهلاك الكهرباء.

ومن أهم العوائق التى تواجه الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة تتعلق بالثقافة والمؤسسات ربما بدرجة أكبر من التكنولوجيا. إن عوائق تسويق تكنولوجيات الطاقة المتجددة تتمثل فى الأساس فى عوائق سياسية وليس عوائق فنية، وهذه العوائق تجعل الطاقة المتجددة فى وضع غير تنافسى مقارنة بأنواع الطاقة الأخرى، وتتمثل هذه العوائق فيما يلى:

- صعوبة المنافسة مع نظم الطاقة المستقرة، خاصة وأن شبكات توزيع الكهرباء يتم تصميمها عادة وفقاً لنظام الوحدات المركزية الكبيرة، وهكذا فإن تكنولوجيات الطاقة المتجددة التى تعمل على وحدات صغيرة يصعب عليها الولوج إلى السوق، وحتى الوحدات الكبيرة أيضاً تجد صعوبات إذا كانت فى أماكن بعيدة عن الشبكات القائمة.
- ضعف مساندة الحكومة، ويتضمن ذلك نقص السياسات والإجراءات التى تدعم استخدام تكنولوجيات الطاقة المتجددة، ووجود سياسات تعوق استخدام الطاقة المتجددة وتدعم

[1] WIKipedia.org. " Renewable Energy Commercialization" .

استخدام الطاقة التقليدية، ومن أمثلة ذلك دعم الطاقة الأحفورية وقلة الحوافز للمستهلكين لاستهلاك الطاقة المتجددة.

- نقص إتاحة المعلومات وتوعية المستهلك.
- ارتفاع تكلفة رأس المال لتكنولوجيات الطاقة المتجددة مقارنة بالطاقة التقليدية.
- عدم ملائمة بدائل تمويل مشروعات الطاقة المتجددة وعدم القدرة على الحصول على تمويل مناسب للمنظمين وللمستهلكين.
- عدم اكتمال أسواق رأس المال، ويتضمن ذلك الفشل فى ادخال كل تكاليف الطاقة التقليدية (مثل تلوث الهواء ومخاطر انقطاع الإمداد)، والفشل فى ادخال كل منافع الطاقة المتجددة (مثل الهواء النظيف وأمن الطاقة).
- عدم ملائمة مهارات وتدريب قوة العمل اللازمة لإنتاج الطاقة المتجددة، وضعف الصيانة وخدمات التفتيش، وفشل نظام التعليم فى توفير التدريب المناسب للتكنولوجيات الجديدة.
- نقص الأكواد المناسبة وارشادات القياس.
- ضعف الإدراك العام لفوائد الطاقة المتجددة.
- ضعف المشاركة المجتمعية فى اختيارات الطاقة ومشروعات الطاقة المتجددة.

وفى ضوء العوائق السابقة المتعددة فإنه لا يوجد حل وحيد لتحقيق التحول إلى الطاقة المتجددة، وإنما المطلوب عدة أنواع من السياسات والأدوات تكمل بعضها البعض حتى يمكن التغلب على العوائق السابقة.

إن اطار السياسة التى يجب اتباعها يجب أن يعمل على إيجاد أرضية واحدة وتصحيح الاختلال فى التوجهات نحو كل من الطاقة الجديدة والمتجددة. كما يجب أن تعكس سياسات الطاقة الأولويات الاجتماعية والاقتصادية والبيئية.

أ- **إطار السياسة العامة:**

السياسة العامة لها دور فى تسويق الطاقة المتجددة، وذلك لأن نظام السوق عليه قيود أساسية، ففى سوق حر للطاقة فإن كل من المستثمرين والمنتجين والمستهلكين لا بد أن يواجهوا تكلفة قراراتهم بشكل كامل. وإن كان هذا الوضع لا يتحقق فى الواقع فى كثير من الاقتصادات، حيث تتبع

كثير من السياسات التى تشوه السوق وتتحيز لصالح الطاقة الأحفورية ولا تحملها بالتكلفة المجتمعية الحقيقية لاستخدامها.

إن نظم الطاقة الأحفورية لها نفقات إنتاج وتوزيع واستهلاك وخصائص تختلف عن نظم الطاقة المتجددة. ومن المطلوب اتباع سياسات تحفيزية لكى تنمو نظم الطاقة المتجددة بشكل سريع وواسع يتسق مع رغبة المجتمع.

وتتمثل مشكلة السوق الحر فى أنه لا يدخل النفقات غير المباشرة فى السعر، ولا يقيم خدمات الطبيعة بالشكل المناسب، ولا يحترم فكرة استدامة الموارد الطبيعية، كما أنه يتحيز للأجل القريب ضد الأجل البعيد دون مراعاة كافية للأجيال المقبلة. وفى هذا الوضع يمكن استخدام الضرائب والدعم لمواجهة هذه المشكلات.

- **تحويل الضرائب:**

يتضمن تحويل الضرائب تخفيض ضرائب الدخل فى مقابل فرض رسوم أو ضرائب على الأنشطة المدمرة للطبيعة، وذلك لخلق سوق مستجيبة لرغبات المجتمع. على سبيل المثال إن فرض ضريبة على الفحم تعكس النفقات الصحية المتزايدة جراء استنشاق هواء ملوث، وتعكس أضرار الأمطار الحمضية، يمكن أن تشجع على الاستثمار فى الطاقة المتجددة.

كثير من الدول الأوروبية تلجأ حالياً إلى تحويل الضرائب فى إطار ما يسمى بالإصلاح الضريبى البيئى. وقد أدت هذه السياسات إلى تخفيض فى استخدام الطاقة التقليدية، كما أدى ذلك إلى خلق عدد كبير من الوظائف خاصة فى صناعة طاقة الرياح.

- **تحويل الدعم:**

الدعم فى حد ذاته ليس سيئاً، حيث أن كثير من الصناعات نشأت وتطورت فى ظل نظام للدعم.

ولكن فى عالم يواجه تغيرات مناخية مضطربة ومؤثرة اقتصادياً، لا يمكن الاستمرار فى دعم نظام للطاقة يقوم على حرق الفحم والبترول، ولابد من تحويل هذا الدعم لأنظمة طاقة لا تؤثر سلباً

على المناخ لتحقيق استقرار المناخ على الأرض. ولابد أن تحصل أنظمة الطاقة المتجددة على النصيب الأكبر من الدعم والمساندة المالية لتحفيز الاستثمار فيها.

ومن أهم مكونات سياسة الطاقة المتجددة وضع أهداف قومية تسعى الدولة إلى تحقيقها فى مدى زمنى معين، وعادة ما يتم تحديد هذه الأهداف كنسبة من الطاقة الأولية و/أو مزيج توليد الكهرباء.

- **المساواة فى قواعد اللعبة:**

حددت وكالة الطاقة الدولية ثلاثة إجراءات تمكن الطاقة المتجددة وتكنولوجيات الطاقة النظيفة من المنافسة الفاعلة على اجتذاب رأسمال القطاع الخاص. هذه الإجراءات هى:

- يجب أن تعكس أسعار الطاقة التكلفة الحقيقية للطاقة (على سبيل المثال من خلال تسعير الكربون)، بحيث يؤخذ فى الاعتبار بشكل كامل الآثار الإيجابية والسلبية المباشرة وغير المباشرة لإنتاج واستهلاك الطاقة.
- إلغاء الدعم غير الكفء للطاقة الأحفورية مع تأمين حصول كل المواطنين على الطاقة.
- أن تضع الحكومة سياسات تشجع القطاع الخاص على الاستثمار فى بدائل للطاقة قليلة الكربون.

ب- تنظيم قطاع الطاقة:

جهاز تنظيم الطاقة (أو منظم الطاقة regulator) هو الذى يقوم بتنفيذ السياسة التى تضعها الدولة. هذا الجهاز يفترض أن يقوم بمجموعة من الوظائف والمهام التى تؤثر على الجدوى المالية لمشروعات الطاقة المتجددة. من هذه المهام اصدار تراخيص، تحديد معايير الأداء، متابعة أداء المشروعات، تحديد مستوى الأسعار وهيكل التعريفة، وضع نظم محاسبية موحدة، التحكيم فى المنازعات، الرقابة الإدارية، تطوير الموارد البشرية والخبرات، تقديم تقارير للحكومة عن أداء القطاع والتنسيق بين قرارات الحكومة فى قطاع الطاقة والقطاعات الحكومية الأخرى. وفقاً لهذه المهام والوظائف فإن الجهاز التنظيمى يكون هو المؤثر الرئيسى فى تسهيل أو إعاقة الاستثمار فى الطاقة المتجددة.

كما توجد آليات الأسواق التطوعية للكهرباء المتجددة أو أسواق الطاقة الخضراء، التى تكون مدفوعة بتفضيل المستهلك، وتسمح للمستهلك أن يختار وأن يفعل أكثر مما تقتضيه السياسة العامة، وذلك لتخفيض الأثر البيئى لاستهلاك الكهرباء. والمنفعة التى يحصل عليها المستهلك هى انخفاض انبعاثات الغازات والتلوث.

ج- الطاقة المستدامة:

إن التحرك فى اتجاه استدامة الطاقة لا يتطلب فقط تغييرات فى طريقة الإمداد بالطاقة، ولكن أيضاً فى الطريقة التى تستهلك بها. ومن المهم جداً تخفيض حجم الطاقة المطلوب لتوفير السلع والخدمات المختلفة. وهناك فرص كبيرة للتحسين فى جانب الطلب على الطاقة.

إن اقتصاديات الطاقة المستدامة تتطلب العمل فى اتجاهين: الطاقة المتجددة وكفاءة استخدام الطاقة. فالكفاءة مطلوبة لإبطاء نمو الطلب على الطاقة، وزيادة امدادات الطاقة النظيفة يمكن أن تخفض بشدة استخدام الطاقة الأحفورية.

2- سياسات تمويل الطاقة المتجددة[1]:

الطاقات المتجددة تنمو بشكل متزايد وتأخذ مكانها فى برامج الاستثمار فى الدول النامية. وفى حالات كثيرة كان هذا الاتجاه مدعوماً بالتقدم الملموس فى التصميم والابتكار فى سياسة التمويل من جانب حكومات الدول النامية. والدول النامية ذات النمو المتسارع لها متطلبات ملحة لمزيد من الطاقة، وفى كثير من الحالات يتوافر لهم امكانيات واسعة من موارد الطاقة المتجددة مثل الرياح، وإشعاع شمسى قوى، واحتياطيات كبيرة من الطاقة الحرارية الأرضية، وموارد للكتلة الحيوية والطاقة من المخلفات.

إن مستثمرى القطاع الخاص يتنافسون على أساس العائد المالى، وأعلى عائد مالى ما زال موجوداً فى إنتاج الطاقة التقليدية غير المتجددة. إن الطاقة المتجددة يمكن أن تكون ذات جدوى اقتصادية حتى لو لم تكن ذات جدوى مالية، حيث أن الأسواق ما زالت تتعلم كيف تتمكن بشكل دقيق من الأخذ فى الاعتبار الوفورات الخارجية (التكلفة الاجتماعية والبيئية المرتبطة بإنتاج الطاقة

[1] مصدر سبق ذكره RENAI.

التقليدية)، وقيمة النجاح فى الأجل الطويل. لضمان مستقبل مستدام وناجح فإن الحكومات عليها أن تتخذ إجراءات لتشجيع وتسهيل تمويل إنتاج الطاقة المتجددة. وفى كثير من الدول النامية لعبت بالفعل السياسة الكلية دوراً فى تشكيل أسواق الطاقة المتجددة وزيادة جاذبيتها للممولين والمستثمرين.

وفى نفس الوقت فإن المبالغة فى تنظيم (regulation) السوق، وكذلك بعض المشكلات فى السياسات القائمة تعطل نمو وتمويل أسواق الطاقة المتجددة، خاصة عندما تؤدى هذه السياسات إلى كبت عملية اكتشاف السعر، وتعوق تخفيض نفقة إنتاج الطاقة المتجددة، ومن ثم يحدث بطء فى امتصاص هذه النفقة. ومع أهمية تنظيم السوق للأخذ فى الاعتبار الوفورات الخارجية، فإنه فى بعض الحالات يكون تحرير السوق مطلوباً لتحسين عملية تسعير التكنولوجيات والخدمات. وبالإضافة إلى الأطر التنظيمية هناك إجراءات استهدافية أخرى يمكن اتباعها اتساقاً مع البنية التحتية والإجراءات الفنية التى تمكن من إنفاذ صفقات الطاقة المتجددة فى الأسواق.

أ- اتجاهات الاستثمار فى الطاقة المتجددة فى الدول النامية:

زاد إجمالى الاستثمار فى الطاقة المتجددة فى الدول النامية فى عام 2012 بنسبة 10% مقارنة بالسنة السابقة، وهى تمثل 35% من إجمالى الاستثمار على مستوى العالم، والصين هى أكبر مستثمر فى العالم فى الطاقة المتجددة.

بصفة عامة الاستثمار فى الطاقة المتجددة فى الدول النامية تزيد نسبته فى طاقة الرياح، بما يعكس تطور تكنولوجيات طاقة الرياح واتساع أسواقها. تتزايد أيضاً مشروعات الطاقة الشمسية مدفوعة بالانخفاض الملحوظ فى نفقة التكنولوجيا الفوتوفلطية. أيضاً مشروعات إنتاج الكتلة الحيوية والطاقة من المخلفات تمثل أحد المكونات الهامة فى إجمالى الاستثمار فى الطاقة المتجددة فى الدول النامية.

وقد أثرت الأزمة العالمية على التمويل عالمياً، ولكنها لم تؤثر بشكل كبير على الطاقة المتجددة فى عام 2011. والدول النامية الثلاثة الكبيرة (الصين والهند والبرازيل) استخدمت بكثافة البنوك العامة فى تمويل الطاقة المتجددة، حيث اثبتت هذه البنوك صموداً أمام الأزمة العالمية بشكل أفضل من البنوك الخاصة.

مع أزمة الديون وارتفاع المخاطر ونضوب التمويل طويل الأجل من البنوك قد يكون من الممكن إحلاله بأسواق السندات والاستثمار بواسطة مؤسسات (مثل شركات التأمين وصناديق المعاشات)، وإن كان ذلك يمكن أن يأخذ وقتاً.

ويتنوع المستثمرون فى الطاقة المتجددة فى الدول النامية، حيث يتضمنوا الحكومات، البنوك، شركات الأسهم، شركات التأمين، صناديق المعاشات، كيانات صناعية، شركات الطاقة النظيفة، ومطورى المشروعات.

ب- معوقات الاستثمار فى الطاقة المتجددة فى الدول النامية:

تتعدد المعوقات وتشمل الجوانب الاقتصادية والسياسية والتشريعية والفنية وغير التمويلية. وتتغير المعوقات مع تغير وتطور تكنولوجيات الطاقة المتجددة.

يتميز العالم النامى بكبر حجم المخاطر فى السوق، سواء مخاطر حقيقية أو مخاطر متوقعة، وذلك بسبب ضعف استقرار الظروف الاقتصادية الكلية. إن توقع مخاطر كبيرة يؤدى إلى ارتفاع تكلفة الاقتراض (مثل أسعار الفائدة)، وقصر أجل القروض وارتفاع متطلبات رأس المال الإبتدائى (equity requirements) فى هذه الدول. وتزداد حدة عزوف المستثمرين بمحدودية تفهم الاستثمار فى الطاقة المتجددة وبضعف أطر الاستثمار الأجنبى المباشر، وبصفة عامة فإن الاستثمار فى الطاقة المتجددة يتبع الاتجاهات الرئيسية فى الاستثمار الأجنبى المباشر.

أحد المعوقات المؤثرة على كل من الدول المتقدمة والدول النامية هى فشل نظام تسعير الطاقة فى الأخذ فى الاعتبار الوفورات الخارجية أو التكلفة البيئية والاجتماعية. لقد أدى هذا الفشل إلى تثبيط تكنولوجيات الطاقة المتجددة لعقود كثيرة، حيث جعلها تبدو أكثر تكلفة من حقيقتها الفعلية. إن الأخذ فى الاعتبار التكلفة الحقيقية للإنتاج التى تأخذ فى الاعتبار الوفورات (الآثار) الخارجية يجعل الاستثمار فى الطاقة المتجددة جاذباً مالياً، حيث يتجنب التكلفة البيئية والاجتماعية التى تولدها مصادر الطاقة التقليدية. ولكن للأسف فإن معظم الحكومات تعطى دعماً للطاقة الأحفورية بما يمنحها ميزة كبيرة فى السوق على الطاقة التقليدية.

تواجه الدول النامية أيضاً مخاطر سعر الصرف عندما تلجأ إلى التمويل الخارجى وخاصة فى الدول التى لا تستخدم العملات الرئيسية، وحتى فى الدول التى تستخدم عملات رئيسية فإن التحوط للمخاطر يكون مكلفاً جداً مع طول أجل التمويل. وحيث أن الطاقة المتجددة تحتاج للتمويل على مدى من 12 إلى 15 سنة فإنه يصعب التحوط لتوليفة من العملات.

فى بعض الدول فإن السياسات غير المحكمة تنشئ مناخاً غير شفاف للاستثمار. هناك ضرورة لوجود سياسة ذات مصداقية للطاقة المتجددة وذلك لتوليد حافز لدى القطاع الخاص، ويمثل نقص سياسات داعمة طويلة الأجل ومستقرة للطاقة المتجددة عائقاً خطيراً للاستثمار فى الدول النامية. ومع ذلك فإن بعض الدول النامية استطاعت خلق سياسات فاعلة للطاقة المتجددة رغم ظروف عدم الاستقرار السياسى، ومثال لذلك حالة مصر التى تتحرك قدماً بالدعم الحكومى لتطوير طاقة الرياح رغم الظروف السياسية بعد ثورة 25 يناير 2011.وكما أوضحنا فيما سبق أن وزارة الكهرباء فى 2014 أقرت تعريفة تغذية للطاقة المتجددة فى سياق منظومة تشجيع انتاج الطاقة المتجددة، كما بدأت فى اصلاح تشوه المؤشرات السعرية بين الطاقة الأحفورية والطاقة المتجددة وذلك باتخاذ اجراءات لتخفيض الدعم تدريجياً على كل من منتجات البترول والكهرباء وذلك على مدى زمنى خمس سنوات.

من العوائق الأخرى للاستثمار فى الطاقة المتجددة عدم وجود هيئة مستقلة لوضع سياسات الطاقة المتجددة. أيضاً هناك مشكلة عدم وضوح الاتفاقيات الخاصة بالاستثمار والتمويل والالتزامات قبل الأطراف المختلفة، والافتقاد إلى الأمان الذى تتيحه اتفاقيات شراء الطاقة (Power Purchasing Agreements PPA). فى بعض الأحيان المؤسسات العامة (utilities) لم تتمكن من الشراء بالسعر المحدد واضطرت للاستدانة، وقد تغلبت مصر على هذه المشكلة باتاحة اتفاقيات شراء الطاقة بضمان مباشر من البنك المركزى بدلاً من أى وحدة أو مؤسسة ذات غرض خاص.

ومن التحديات الهامة فى مجال الطاقة المتجددة فى الدول النامية وجود البنية الأساسية اللازمة مما يزيد من مخاطر الاستثمار، وفى الحالات الحادة قد تعوق تنفيذ المشروع. الأمثلة على تحديات البنية الأساسية تتضمن قيود على نظام الطاقة، الافتقار إلى القدرة على الوصول إلى الشبكة، ارتفاع تكلفة الربط بالشبكة، محدودية قدرة وتغطية الشبكة، الافتقار إلى المعايير الفنية

واعطاء الشهادات (certification) والافتقار إلى وسائل التشغيل والصيانة. ومع زيادة حجم الطاقة المتجددة تستمر معوقات بناء وتمويل شبكات نقل (transmission) طاقة جديدة. فى كثير من الدول النامية تقع أفضل مصادر الطاقة المتجددة فى مناطق بعيدة عن شبكات التوزيع القومية و/أو تكون غير متصلة بشكل جيد بالأنواع الأخرى من البنية الأساسية مثل الطرق.

وأخيراً من المعوقات الأخرى فى مجال تمويل الطاقة المتجددة محدودية المعلومات، حيث تقل الخبرة فيما يتعلق بالهياكل التمويلية لمشروعات الطاقة المتجددة، وكذلك الخبرة بتشغيل المعدات والصيانة، وهناك حاجة متزايدة لنقل التكنولوجيا للمساعدة فى هذا المجال. إن البنوك التى لا تفهم تكنولوجيات الطاقة المتجددة لا تستطيع تقدير مخاطر المشروع بما يمكنها من اتخاذ القرارات التمويلية الضرورية. إن مطورى المشروعات غالباً ما يفتقدوا خبرة المشروع والأعمال والتخطيط المالى والخبرة الفنية والدراية بالفرص التمويلية. أيضاً غالباً ما يفتقدوا المسئولون عن الإدارة العامة القدرة على إدماج عمليات الموافقة على المشروعات أو تنفيذ قوانين الطاقة المتجددة. وبالتالى فإنه من الضرورى فى الدول النامية أن تدمج عمليات بناء القدرات فى عملية تمويل الطاقة المتجددة.

ج- توصيات من أجل استراتيجية لتمويل الطاقة المتجددة:

إن وجود سياسة قومية فاعلة لتمويل الطاقة المتجددة مهمة جداً لخلق سوق جاذبة للممولين. وتؤكد الوكالة الدولية للطاقة أهمية السياسة الكلية.

إن الإطار الاستراتيجى لتمويل الطاقة المتجددة يأخذ منهجاً كلياً يتم تطويعه للظروف المحلية، وذلك بإدماج إطار تنظيمى (regulatory) مساند مع تدخلات مستهدفة.

لتوجيه التمويل إلى الطاقة المتجددة هناك أدوار رئيسية لا بد أن تقوم بها الحكومة، وفى نفس الوقت هناك بعض الأدوار لا يجب أن تقوم بها الحكومة، ويجب الانتباه بصفة خاصة إلى ما إذا كان التنظيم (regulation) يدعم عملية اكتشاف السعر فى اتجاه تخفيض تكلفة الطاقة المتجددة. فى حالة ما إذا كان التنظيم يعوق هذه العملية فإنه يجب إجراء إصلاح تنظيمى وتحرير السوق للسماح بدخول وخروج منتجى الطاقة المتجددة إلى الأسواق المحلية. وبالإضافة إلى ذلك فإنه من المعروف أن الاستثمار فى الطاقة المتجددة يتبع اتجاهات الاستثمار الأجنبى المباشر، وبالتالى فإن

الدول التى لديها أطر ضعيفة للاستثمار الأجنبى المباشر ليس لها أن تتوقع أن تجذب استثمار أجنبى مباشر لتمويل البنية الأساسية للطاقة المتجددة. والمطلوب هنا إصلاحات اقتصادية كلية لجذب الاستثمار الأجنبى المباشر.

بصفة عامة الحكومات عليها أن تسعى إلى حشد تمويل للطاقة المتجددة من خلال طريقين: أولهما يتمثل فى وضع أطر مهيمنة للتنظيم والحوافز التى يمكن أن تؤدى إلى تحويل الاستثمار فى اتجاه الطاقة المتجددة على المستوى القومى؛ وثانيهما يتمثل فى استخدام تمويل حكومى موجه لملء فجوات تمويلية محددة أو التغلب على عوائق معينة. الإطار التنظيمى يمكن أن يستخدم كلا من آليات سياسات الطاقة (مثل تعريفة التغذية feed-in tariff، الحصص والحوافز الضريبية)، وأيضاً آليات سياسة التمويل (مثل القواعد المصرفية، أسعار الفائدة ومناهج السياسة النقدية الأخرى، نظم السندات الخضراء، إنشاء مؤسسات تمويلية جديدة). وفى نفس الوقت فإن تحرير أسواق الطاقة المحلية له أهميته ليسمح بحرية الدخول والخروج للمتعاملين فى الطاقة المتجددة ويسهل المنافسة بينهم. إن التدخل الموجه فى مجال تمويل الطاقة المتجددة يتطلب أن آليات التمويل العام يصاحبها تدخلات غير تمويلية مثل بناء القدرات فى مجال الطاقة المتجددة وإدارة المعلومات.

إن كلا من مداخل التمويل الحكومى والتنظيم له أهميته. ولكن فى نفس الوقت فإن التمويل الحكومى لا يجب أن يستخدم كبديل لتغيير فى السياسة، إذا كان ذلك أكثر ملائمة للتغلب على عائق معين أو خطورة محددة تتعلق بالاستثمار فى الطاقة المتجددة. من المهم أيضاً تضمين سياسات دعم الطاقة المتجددة فى سياق السياسة العامة للطاقة بشكلها الواسع. إن تعريفة تغذية الطاقة والأشكال الأخرى لمساندة الطاقة المتجددة رغم أهميتها فهى غير كافية لتكون سياسة متكاملة لسوق الطاقة المتجددة. إن قضايا مثل التخطيط وطاقة الشبكات وإمكانية الربط بها واتفاقيات مساندة الشراء (PPA) تشكل جزءاً من أطر السياسة الكلية التى يجب التعامل معها.

إن الأسواق بطبيعتها لا تقدر على تضمين كل الآثار الخارجية فى سعر الطاقة، ولذا فإن الحكومة يجب أن تعمل على مساواة أرضية التعامل فى السوق إلى أن تصبح الأسعار تعكس التكلفة الحقيقية للإنتاج، ويمكن تحقيق ذلك جزئياً بتحويل الدعم القائم من الطاقة الأحفورية إلى الطاقة المتجددة. إلا أنه يجب التعامل مع أثر ذلك على مستهلكى الطاقة فى الأجل القصير لتجنب ردود الفعل السياسية الغاضبة.

إن الحكومة يمكن أن تساهم فى تقوية القطاع المالى لمساندة تمويل الطاقة المتجددة، وذلك بتضمين اعتبارات الاستدامة بشكل مباشر فى السياسة النقدية والتمويلية، ويكون ذلك على نحو ما اتبعته بعض الدول مثل نظم السندات الخضراء وأسعار الفائدة التفضيلية والاستثمار المسئول اجتماعياً وغيره من الإجراءات التى تدمج الاستدامة بشكل مباشر فى عملية اتخاذ القرار التمويلى.

فى الوقت الحالى سياسات تمويل الطاقة المتجددة لا تتم من خلال البنوك المركزية أو وزارات المالية وإنما تتم من خلال وزارات الطاقة والبيئة، وهذه المؤسسات تستخدم آليات سياسات مثل تعريفة تغذية الطاقة والحوافز الضريبية لتساعد فى تشكيل خريطة الاستثمار فى الطاقة المتجددة. ورغم أهمية أن تتضمن آليات السوق الآثار الخارجية واعتبارات الاستدامة طويلة الأجل فى المحاسبة المالية، إلا أنه يجب الاهتمام أيضاً لترتيب تتابع عمليات التطوير التقنى والبنية التحتية لأسواق الطاقة المتجددة، وهى المجالات التى تنشط فيها هذه المؤسسات بشكل خاص. ويمكن استخدام المزادات الحكومية لتنشيط الاستثمار فى بعض منتجات الطاقة المتجددة مثل الكتلة الحيوية وطاقة الرياح والطاقة الشمسية.

د- خصائص المدخل الكلى لتمويل الطاقة المتجددة:

تتميز أسواق الطاقة المتجددة بأن كلاً منها له خصائصه المميزة، وتتسم هذه الأسواق بالتعقد والحيوية وبأنها تتضمن تكنولوجيات متنوعة وقطاعات فرعية فى مراحل مختلفة من التطور واحتياجات تمويلية متفاوتة. وهكذا فإنه لا توجد سياسة وحيدة تصلح للتطبيق فى جميع الدول، ولكن تطبيق استراتيجية فاعلة للطاقة المتجددة يتطلب مدخلاً كلياً يتم صياغته وتوفيقه على الاحتياجات المحلية.

إن استراتيجيات تمويل الطاقة المتجددة يجب على قدر الإمكان أن تتوافق مع أولويات السياسة المحلية لضمان تأييد الحكومة واشتراكها فى الاستراتيجية. وعلى ذلك فإن البرامج يجب أن تسعى إلى زيادة العمالة والتنمية الإقليمية والأمن القومى وتخفيض الفقر والقدرة على الحصول على الطاقة المتجددة.

عند تصميم التدخلات المستهدفة فإن أفضل برامج التمويل العام تستخدم حزمة مرنة من آليات التمويل ولا تعتمد على آلية وحيدة أو مجموعة ثابتة من الآليات. هذه الحزم يمكن أن تتضمن خطوط ائتمان لمؤسسات التمويل المحلية، تمويل المشروع بالدين، برامج تيسير القروض، منح ومنح مشروطة لتكاليف تطوير المشروع، أسهم ورأسمال مخاطر أو وسائل تمويل الكربون . ومن أولويات برامج التمويل العام تعظيم رفع (leverage) الاستثمارات الإضافية فى قطاع الطاقة المتجددة، والذى يمكن تحقيقه طالما أن أدوات التمويل تتعامل مع واحدة أو أكثر من معوقات الاستثمار. وفى هذا السياق فإن الضمانات تمثل أفضل الأدوات لرفع الاستثمار الإضافى لكل وحدة منفقة، وذلك أفضل من المنح والقروض المباشرة. وإن كانت تصلح فقط عندما تكون تكلفة الإقتراض منخفضة إلى حد معقول، وتكون المؤسسات المالية والتجارية مهتمة بهذا الجزء من السوق المستهدفة. .

ليس هناك حتمية أن يتم إنفاق التمويل العام بحيث يمكن استرداده بشكل مباشر، وإنما هناك بعض النفقات غير القابلة للاسترداد فى الأجل القصير، ولكنها ضرورية جداً للاستثمار طويل الأجل. هذه النفقات تشمل البحوث المعملية والأكاديمية حول الطاقة المتجددة، الاستثمار العام فى البنية الأساسية للطاقة المتجددة، إدارة المعلومات والتنسيق بين أطراف المصالح والتدريب وبناء القدرات فى مجال تمويل الطاقة المتجددة.

رغم أنه من الممكن تحديد تكنولوجيات محددة تناسب ظروف محلية معينة فى وقت معين، إلا أنه من غير الواقعى افتراض أن أفضل اختيار للتكنولوجيا لن يتغير فى المستقبل مع تغير العلم والهياكل السياسية والاقتصادية، ولذا فإنه من الأفضل اختيار توليفة أكثر تنوعاً، ويمكن أن تتغير مع الزمن بدلاً من اختيار مجموعة محدودة من التكنولوجيات. إن عملية تطوير ونشر استخدام تكنولوجيات جديدة عادة ما يتبع مساراً للتجديد والابتكار يتمثل فى: البحث والتطوير، العرض، النشر والنضج التجارى. ومع تقدم التكنولوجيا تنخفض التكلفة لوحدة الإنتاج. ومن هنا فإن أحد الأولويات الهامة فى برامج التمويل الحكومى يتمثل فى الإسراع بعملية تطوير تكنولوجيات الطاقة المتجددة فى مسار التجديد والابتكار. وتعد الحلول الخاصة بالشبكات الكهربائية المصغرة من الحلول التى يجب أن تحظى باهتمام خاص نظراً لتأثيرها على تخفيض النفقة.

ان برامج تمويل الطاقة المتجددة يجب أن تسعى إلى مشاركة كافة أطراف المصلحة على كل من المستوى المحلى والدولى سواء قطاع عام أو خاص أو اكاديمى أو مدنى، وأحد المناهج فى هذا السياق يتمثل فى إدماج التمويل فى بيت للخبرة على نحو ما فعلت شيلى.

ويمثل التركيز على بناء القدرات أهمية خاصة فى تمويل الطاقة المتجددة، ويجب أن يستهدف ثلاث مجموعات: 1) مطورى المشروع لتحضير خطط الأعمال من أجل تقييمها، 2) مؤسسات التمويل المحلية لتطوير تقييم مشروعات الطاقة المتجددة، 3) الموظفين العموميين والإداريين لتحسين تصميم وتنفيذ سياسة الطاقة المتجددة. ويتمثل أحد وسائل تطوير هذا النوع من التعليم فى تخصيص أموال من خلال مؤسسات التمويل المحلية.

قد يكون من المفيد إدارة برامج تمويل الطاقة المتجددة من خلال هيئات مستقلة ذات مهام محددة. ويتوقف نجاح عمل هذه الهيئات على ثلاثة عوامل: 1) الحوكمة التى توفر اشتراكاً فعالاً ونظرة كلية مع حماية استقلالية البرامج؛ 2) التمويل بحجم مناسب واستمرارية بما يمكن هذه البرامج من الاستثمار فى الأجل الطويل؛ 3) صياغة استراتيجية التنفيذ لتناسب الاحتياجات المحلية. ولا يعنى ما سبق أنه لا بد من إنشاء مؤسسات جديدة، ويتوقف الأمر على الظروف المحيطة. على سبيل المثال أنه مع بزوغ مؤسسات تمويل قومية للتغيرات المناخية ربما يكون اتباع منهج تكاملى أفضل من إنشاء كيانات منفصلة للقطاعات المختلفة المرتبطة بالمناخ.

إن برامج تمويل الطاقة المتجددة يجب أن تكون شفافة فى ميزانياتها وفى عمليات التقييم، وأن يتم هيكلتها بشكل مناسب لتأمين تمويل الطاقة فى الأجل الطويل. ويجب التركيز بصفة خاصة على تقييم الأثر وخاصة المقارنة بين الأهداف والنتائج. إن استراتيجيات التمويل يجب أن تكون مرنة وقابلة للتعديل وفقاً لنتائج التقييم ووفقاً للتغيرات فى ظروف السوق المحلية مع الوقت. وعلى صانعى السياسة أن يبدأوا بتقييم وضع الطاقة فى السوق المحلية بحيث تتوافق معها آليات تمويل الطاقة المتجددة.

ونخلص مما سبق إلى أهمية الأخذ فى الاعتبار ما يلى:

- إن تعبئة تمويل الطاقة المتجددة تتطلب استراتيجية كلية لسياسة الطاقة يتم صياغتها لتناسب الظروف المحلية، وتجمع بين إطار تنظيمى مساند وتدخلات مستهدفة.
- التدخلات المستهدفة يجب أن تتضمن استراتيجيات لبناء القدرات تستهدف مطورى المشروع ومؤسسات التمويل المحلية والموظفين العموميين والإداريين.
- الأطر التنظيمية يجب أن تتضمن سياسات للطاقة وآليات للتمويل.
- برامج التمويل الحكومى يجب أن توفر حزمة مرنة من آليات التمويل، وأن تسعى إلى تعظيم قوة التمويل الإضافى، وتتجنب الدخول فى مسار يعتمد فقط على مجموعة محددة من التكنولوجيات.
- التنظيم الكلى مطلوب لتضمين الآثار الخارجية فى سعر الطاقة، ومع ذلك فإن التحرير فى أسواق الطاقة يمكن أن يساند عملية استكشاف السعر، وذلك بتسهيل دخول وخروج منتجين جدد للطاقة المتجددة.
- الإصلاحات الاقتصادية الكلية الضرورية لجذب الاستثمار الأجنبى المباشر ستؤدى أيضاً إلى جذب الاستثمار فى الطاقة المتجددة.

الفصل الرابع
الأدوات الكمية ونماذج الطاقة المستخدمة
فى تحديد المزيج الأمثل للطاقة

مقدمة:

تعتبر نماذج الطاقة من أهم الأدوات المستخدمة لتقدير العرض أو الطلب على الطاقة ومن ثم تقدير الفجوة القائمة، وطرح بدائل وسيناريوهات للقضاء على هذه الفجوة من جانب، ووصولاً إلى المزيج الأمثل للطاقة الذى يأخذ فى اعتباره كافة الجوانب الاقتصادية والتكنولوجية والبيئية من جانب آخر، وذلك من أجل تحقيق أهداف سياسات تخطيط الطاقة للتنمية المستدامة التى تستهدف زيادة نصيب الطاقة المتجددة فى مزيج الطاقة.

ولذا يتناول هذا الفصل التطور فى نماذج الطاقة العالمية، وذلك من خلال عرض وتحليل للمفاهيم وأهم نماذج الطاقة العالمية التي تم مسحها من الأدبيات، وكيفية الاستفادة بها في مصر فى تخطيط الطاقة من كافة مصادرها التقليدية والجديدة والمتجددة، بما يمكن من تحديد مزيج أمثل للطاقة لمصر يحقق أهداف التنمية المستدامة.

لقد بدأ الاهتمام العالمي ببناء نماذج الطاقة منذ أزمة البترول الشهيرة بعد حرب أكتوبر عام 1973 وما صاحبها من اضطراب في عرض الطاقة والارتفاع المفاجئ في أسعار البترول. ولقد كان الهدف الرئيسى من تلك النماذج هو دراسة أفضل الطرق للتكيف الاقتصادي في حالة التغير المفاجئ للمتاح من البترول الخام كمصدر أولي للطاقة. فظهرت العديد من النماذج (مثل: EFOM, MESSAGE, MARKAL and MEDEE) لتحليل نظم الطاقة أو نظم فرعية لها (مثل الطاقة الكهربائية) والتي تمثلت أغراضها الرئيسية في : تصميم أفضل نظام لعرض الطاقة في ظل مستوي معطي للطلب علي الطاقة، فهم أفضل للتفاعل بين العرض والطلب في الحاضر والمستقبل، العلاقة التشابكية بين الطاقة والبيئة، العلاقة التشابكية بين الاقتصاد والطاقة وتخطيط منظومة الطاقة[1].

وبشكل عام فإن نماذج الطاقة يتم صياغتها بالاعتماد علي أسس نظرية و طرق تحليلية من فروع علمية مختلفة وتشمل الهندسة، الاقتصاد، بحوث العمليات، وعلم الإدارة. كما أن تلك النماذج تطبق أساليب مختلفة وتشمل البرمجة الرياضية (وخاصة البرمجة الخطية)، الاقتصاد القياسي، تحليل الشبكات، المدخلات والمخرجات والشبكات العصبية. وعليه فإن نماذج نظم الطاقة تختلف من

[1]Bhattacharyya and Timilsina (2010).

حيث: احتياجها للبيانات، المواصفات التكنولوجية، احتياجها للمهارات، بالإضافة إلي الاحتياجات الحسابية.

معظم نماذج الطاقة تم تطويرها في الدول الصناعية لتحليل قضايا معينة أو مشاكل في سياق محدد. وبعض تلك النماذج تم تطبيقها في الدول النامية، والبعض الآخر يصعب تطبيقه نظراً لأنها لم تأخذ في الاعتبار السمات الخاصة بقطاعات الطاقة في الدول النامية و تشمل : الاعتماد علي الطاقة التقليدية ، وجود قطاع غير رسمي informal sector كبير يصل حجمه في بعض الدول إلي حجم مقارب للقطاع الرسمي، التقسيم بين الحضر والريف وانتشار عدم المساواة والفقر، التغيرات الهيكلية في الاقتصاد وما يصاحبها من تحول من نمط حياة تقليدي إلي حديث، قطاع طاقة يتسم بعدم الكفاءة من حيث نقص العرض وإنجاز فقير لمرافق الطاقة، عوائق اقتصادية واجتماعية لتدفق رأس المال وانتشار تكنولوجي بطيء[1].

بمسح الأدبيات وجد أن هناك العديد من نماذج الطاقة – تم بناؤها سواء بواسطة مؤسسات الطاقة العالمية/الإقليمية أو بعض الدول – التي تستخدم في تحليل أسواق الطاقة علي المستوي الإقليمي/الدولي أو تصميم استراتيجيات الطاقة علي مستوي الدول. ونماذج الطاقة تتاح للمستخدم في شكل برامج علي الحاسبوي كوندور المستخدم فى تجهيز البيانات، وكذلك بناء السيناريوهات اللازمة لتنفيذ تلك النماذج علي الحاسب للحصول علي النتائج اللازمة لتحليل سوق الطاقة سواء علي المستوي المحلي أو الإقليمي أو الدولي. وبعض هذه النماذج ظهر وتوقف تطويره بعد فترة (مثل نموذج MEDEE) والبعض الآخر تتبناه مؤسسات الطاقة العالمية ويتم تطويره حتي الآن (مثل نماذج ENPEP, LEAP and MARKAL).

[1] Urban et al. (2007) .

أولاً : الخصائص العامة ومعايير المقارنة لنماذج الطاقة العالمية :

يتم تقسيم (أو تصنيف) نماذج الطاقة العالمية حسب عدة معايير من أهمها (أنظر علي سبيل المثال: (Beeck (1999):

1- الغرض/الهدف من النموذج : هناك أهداف عامة و أهداف خاصة للنموذج.

أ- الأهداف العامة :

- التنبؤ prediction بمستقبل الطاقة : وهذا يتم من خلال استقراء extrapolationالاتجاهات الموجودة بالبيانات التاريخية ومدها في المستقبل باستخدام نماذج الاقتصاد القياسي وهي عادة تستخدم في دراسة الآثار قصيرة الأجل.
- استكشاف exploring مستقبل الطاقة: وهذا يتم من خلال ما يسمي "تحليل السيناريوهات" وفيه يتم المقارنة بين مجموعة من السيناريوهات – يفترضها متخذ القرار– والسيناريو المرجعي الذي يفترض استمرار الأوضاع الحالية في المستقبل.

ب-الأهداف الخاصة: هي الجوانب الذي يركز عليها النموذج مثل: الطلب علي الطاقة – عرض الطاقة–مطابقة العرض والطلب– تحليل منظومة الطاقة –تحليل أسواق الطاقة– الآثار البيئية.

2- المدخل التحليلي للنموذج (نوع النموذج) : تنقسم النماذج إلي نوعين حسب نوع التحليل وهما :

- التحليل من أعلي إلي أسفل (Top-Down): هو مدخل اقتصادي وفيه النموذج يكون تجميعي، لا يعبر عن التكنولوجيات بشكل صريح، يركز علي دراسة الإنجاز العام للاقتصاد علي المستوي الكلي ويمكن استخدامه في دراسة التشابك بين قطاع الطاقة وباقي قطاعات الاقتصاد وأيضاً تحليا آثار سياسات الطاقة علي الاقتصاد الكلي، وهو عادة يستخدم لأغراض التنبؤ.
- التحليل من أسفل إلي أعلي (Bottoms-Up) : هو مدخل هندسي يركز علي قطاع الطاقة وفيه يستخدم النموذج بيانات تفصيلية لوصف تكنولوجيات الأنشطة المختلفة للطاقة، وتلك النوعية من النماذج تمكن من إيجاد مواصفات الطاقة الأقل تكلفة (لأشكال الطاقة وتكنولوجياتها) التي تحقق الطلب علي الطاقة وحدود التلوث البيئي ، وهو يستخدم لأغراض الاستكشاف.
- مدخل التحليل المختلط (وهو يدمج بين المدخلين).

3- **منهجية النموذج(مدخل النمذجة):** نماذج قياسية–نماذج أمثليه (برمجة خطية أو برمجة صحيحة أوبرمجة ديناميكية) –نماذج محاكاة–نماذج محاسبية– نماذج اقتصادية كلية – نماذج توازن اقتصادي .

(جزئي أو عام) – نماذج مدخلات ومخرجات– بعض المنهجيات الأخرى .

4- **التغطية الجغرافية:** وهي تعبر عن البعد المكاني للنموذج وهو إما علي المستوي المحلي Local أو

القطري National أو الإقليمي Regional أو الدولي Global أو جميع المستويات .

5- **المدي الزمني للنموذج :** قصير الأجل – متوسط الأجل – طويل الأجل .

6- **التقسيم القطاعي في النموذج :** النموذج إما يشمل قطاع الطاقة فقط أو قطاعات الاقتصاد ككل .

7- **احتياج النموذج من البيانات :** النماذج تحتاج إلي أنواع مختلفة من البيانات (بيانات كمية أو كيفية – بيانات تفصيلية أو تجميعية– بيانات نقدية).

في ظل ما هو متاح لأهم نماذج للطاقة و أكثرها انتشارا في الأدبيات يمكن تقسيم نماذج الطاقة حسب الهدف من النموذج إلي ستة مجموعات رئيسية وهي:

- نماذج الطلب علي الطاقة Energy demand models(MEDEE ,MAED, ERASME)
- نماذج عرض الطاقة Energy supply models (MESSAGE, MARKAL , EFOM)
- نماذج منظومة الطاقة Energy system models

(DTI, NEMS , LEAP , ENPEP , POLES, SAGE , Energy PLAN, ENERGY 2020 , PRIMES, TIMES , MESAP , RESGEN , WEM)

- نماذج خاصة بمنظومة الطاقة الكهربائيةElectricity system models (EGEAS , WASP)
- نماذج خاصة بالطاقة الجديدة و المتجددة مثل(HOMER[1], RETscreen[2])

[1] للمزيد من المعلومات عن نموذج Homer يمكن الرجوع إلى :http://homerenergy.com/software.html

[2] للمزيد من المعلومات عن نموذج GEM=E3 ارجع إلى : http://ipts.jrc.ec.europa.eu/activities/energy-and-transpo

- نماذج متكاملة لتشابكات الطاقة–الاقتصاد–البيئة Energy-Economy-Environment models(**مثل** GEM-E3 [1])

ويبين الجدول (4–1) مقارنة بين مجموعة من أهم نماذج الطاقة العالمية بناءً علي مجموعة من المعايير وتشمل: نوع النموذج–الغرض من النموذج – منهجية النموذج – التغطية الجغرافية – تغطية الأنشطة – التغطية التكنولوجية – الاحتياج من البيانات – المهارات المطلوبة – توثيق النموذج – تضمين الطاقة الريفية– تضمين القطاع غير الرسمي– دعم الطاقة – التقسيم بين الحضر والريف). وفيما يلي يمكن استخلاص الملاحظات التالية من خلال المعلومات الواردة بالجدول (4–1) :

- معظم النماذج تحتاج إلي مهارات عالية في استخدامها أو تطويرها.
- غالبية نماذج الطاقة كثيفة الاستخدام للبيانات (وهي من أهم معوقات تطبيق تلك النماذج في الدول النامية).
- معظم النماذج تغطي تكنولوجيات موارد الطاقة التقليدية و الجديدة و المتجددة.
- النماذج التي تتبع مدخل الـtop-down تستخدم منهج الاقتصاد القياسي بينما النماذج التي تتبع مدخل الـ bottom-up تستخدم منهج الأمثلية.
- بعض النماذج مرنة يمكن استخدامها علي المستوي القطري أو الإقليمي أو الدولي و البعض الآخر صمم للاستخدام علي المستوي العالمي فقط أو التجمعات الإقليمية (مثل: WEM, SAGE, and POLES).
- غالبية النماذج لا تأخذ القطاع الغير رسمي في الاعتبار باستثناء نموذجLEAP.
- بعض النماذج يمكن الحصول عليها مجاناً (مثل : LEAP , MESSAGE, ENPEP).

[1] للمزيد من المعلومات عن نموذج RET screen يمكن الرجوع إلى : http://www.retscreen.net/ang/

[2] للمزيد من المعلومات عن نموذج GEM=E3 يمكن الرجوع إلى : http://ipts.jrc.ec.europa.eu/activities/energy-and-transport/gem-e3.

جدول (4–1): مقارنة للسمات العامة لنماذج الطاقة العالمية

Criteria	MAED/ MEDEE	ERASME	MESSAGE	MARKAL/ TIMES	DTI	NEMS	LEAP	ENPEP	POLES
Type	Bottom-up	Top-down	Bottom-up	Bottom-up	Top-down	Hybrid	Hybrid	Hybrid	Hybrid
Purpose	Energy demand forecasting	Energy demand forecasting	Energy supply and Energy System Analysis	Energy supply and Energy system Analysis	Energy system analysis	Energy market analysis	Energy system analysis	Energy market analysis	Energy Market analysis
Approach	Accounting	Econometric	Optimization	Optimization	Econometric	Optimization	Accounting	Various	Accounting
Geographical coverage	Flexible		National or regional	National or regional	National	National	Flexible	National , regional &global	Global
Activity coverage	Demand sectors	Demand & supply sectors			Demand & supply Sectors	Demand & supply sectors	Demand & supply Sectors	Demand & supply sectors	Demand & supply Sectors
Technology coverage	Both conventional and Renewable	?	Both conventional and Renewable	Both conventional and Renewable	Both conventional and Renewable	Both conventional and Renewable	Both conventional and renewable	Both conventional and Renewable	Both conventional and Renewable
Data need	Data and survey/ estimates for base year information and parameters estimation	Time series data for econometric estimation	technical &economic dataof the technologies, fuel costs, energy demands	Extensive	Time series data and technology Data	Time series , technology, survey and census data	Historical socio-economic, technological and other information	Extensive	Time series, socio-economic data and survey/estimates for various parameters
Skills Required	Low	High econometric analysis	High	High	High econometric analysis	High for running a complex model	Medium	High	High for running a global model
Documentation	Excellent	Limited	Good	Excellent	Limited	Excellent	Excellent		Limited
Rural energy	Can be included	Not covered separately		Can be included	Not covered separately		Can be included		Not covered separately
Informal sector				No tpossible		Difficult and not Included	Possible		Possible but not included
Subsides				Possible but normally ignored		Yes	Not considered explicitly		Yes
Rural-Urban Divide				Possible and covered		Possible and considered	Possible		Possible but not considered
Developer	IAEA		IIASA	ETSAP			SEI	ANL, USA	LEPII (formerly IEPE)
Website	www.iaea.org		www.iaea.org	www.etsap.org		U.S. EIA	www.energycommunity.org/	www.dis.anl.gov	
Cost	Free to: non-profit and research organizations		Free to: non-profit and research organizations	$3,300-$15,000.		ww.eia.gov	Free	Depends on modules used and type of institution.	

تابع جدول (4-1)

Criteria	MESAP	RESGEN	SAGE	WEM	PRIMES	EFOM	RETscreen	EnergyPLAN	ENERGY 2020
Type	Bottom-up	Bottom-up	Hybrid	Hybrid	Hybrid	Bottom-up	Bottom-up		
Purpose	Energy System Analysis	Energy System Analysis		Global Energy System Analysis	Energy policy markets analysis		Energy Supply for Renewable Energy	Design of national energy planning strategies	Energy system analysis
Approach	Optimization	Optimization	Optimization	Accounting	Various	Optimization	Accounting	Input/output tool	Simulation
Geographical coverage	National	Country	Global	Global	National or regional	Regional and national	Local, National	National or regional	Multi-region
Activity coverage	Energy system	Energy system	Energy system& energy trading	Energy system	Energy system	Energy system	Energy Sector		Demand & supply Sectors
Technology coverage	Extensive	Good		Both conventional and Renewable	Both conventional and renewable	Extensive		Both conventional and Renewable	Both conventional and Renewable
Data need	Extensive		Extensive	Extensive	Extensive	Extensive	Technology specific	demands, renewable energy sources, energy station capacities, and costs.	Population & economic data, Fuel prices,Energy use & consumption , Emissions & air regulations
Skills Required	High	Limited	Very high	High to very high	High	High	Low	High	
Documentation	Good	Limited	Extensive	Good	Good	Good		Good	
Rural energy	Not known	Possible	Possible but not included	Possible		Possible			
Informal sector	Not possible	Not possible	Not included	Possible but not included		Not possible			
Subsides	Not known	Difficult	Yes	Yes	Yes	Possible but often ignored			
Rural-Urban Divide	Not known	Possible but not covered usually	Possible but not Considered	Possible and included in the recent version		Possible but not covered usually			
Developer	IER, University of Stuttgart, Germany		U.S. EIA	IEA	E3MLab, ICCS/NTUA		Natural Resources Canada	Aalborg University, Denmark	Systematic Inc. (a US private company)
Website			www.eia.doe.gov/oiaf/sage/sage.zip	www.iea.org	http://www.e3mlab.ntua.gr/e3/mlab		www.retscreen.net	energy.plan.aau.dk	
Cost							Free	Free	

المصدر : Bhattacharyya and Timilsina(2009) لجميع النماذج(ماعدا نماذج ENERGY 2020 , RETscreen &Energy PLAN فلقد تم استكمال المعلومات الخاصة بها بواسطة الباحث).

ثانياً : نماذج الطلب على الطاقة Energy demand models

التنبؤ بالطلب علي الطاقة يعتبر من المكونات الأساسية لتخطيط و صياغة استراتيجيات الطاقة لأي دولة. في الأدبيات يوجد العديد من منهجيات التنبؤ بالطلب علي الطاقة بعضها بسيط و بعضها معقد (للمزيد من التفصيل يمكن الرجوع إلي: Bhattacharyya and Timilsina (2009)). ومن أهم المنهجيات المستخدمة ما يلي :

1- منهج التحليل من القمة إلى القاع top-down : وهو يركز علي المستوي التجميعي للتحليل. و النماذج المستخدمة في هذه الحالة هي نماذج قياسية econometric models (مثل : نموذج ERASME)[70].

2-منهج التحليل من القاع إلى القمة bottom-up: وهو يركز علي الاستخدام النهائي end-uses للطاقة علي مستوي تفصيلي (مثل التدفئة – تكييف الهواء- تسخين المياه – استخدام الأجهزة الكهربائية بما فيها الإضاءة) . وهذا المنهج يستخدم ما يسمي بالنماذج المحاسبية accounting models(مثل: نموذجى MEDEE and MAED)[71].

3-منهج مختلط : وهو يدمج بين سمات المنهجين القياسي والمحاسبي(مثل:نموذج Poles).

أما بالنسبة للنموذج الذي يرشحه الباحث للاستخدام في مصر لتحليل الطلب علي الطاقة فهو نموذج MAED حيث أنه يغطى كافة التفاصيل الخاصة بالطلب ويوجد برنامج خاص به مكتوب بلغة EXCEL بالإضافة إلى أنه متاح مجاناً (من هيئة الطاقة الذرية). وفيما يلي سوف يتم إلقاء الضوء عليه.

نبذة عن نموذج MAED: نموذج MAED هو نموذج محاكاه يعتمد في تقييمه المستقبلي للطلب علي الطاقة علي سيناريوهات متوسطة إلي طويلة الأجل للتطورات الديموجرافية والاقتصادية والتكنولوجية. ففي النموذج يتم تقسيم القطاعات الاقتصادية المستهلكة للطاقة إلي 3 قطاعات رئيسية هي : 1- قطاع الصناعة (الزراعة-التعدين-الإنشاء- التصنيع) 2- قطاع النقل 3-القطاع العائلي والخدمات. وبشكل عام فإن منهجية نموذج MAED تعتمد علي الخطوات المتتابعة التالية (للمزيد من التفصيل أنظر : (IAEA (2006) :

1- تفصيل إجمالي الطلب علي الطاقة في قطر أو منطقة ما إلي عدد كبير من مجموعات الاستخدام النهائي end-use للطاقة في كل قطاع (فمثلاً الاستخدام النهائي في القطاع العائلي يشمل: تدفئة المكان- تسخين المياه – الطهي- تكييف الهواء- الأجهزة).

[70] أنظر مثال لمعادلة النموذج القياسى بالملحق (4).

[71] أنظر مثال لمعادلة النموذج المحاسبى بالملحق (4).

2- تحديد العوامل الاجتماعية والاقتصادية والتكنولوجية التي تؤثر في كل مجموعة للاستخدام النهائي للطلب علي الطاقة.
3- إنشاء علاقة رياضية للطلب علي الطاقة بدلالة العوامل المؤثرة في هذا الطلب.
4- تطوير سيناريوهات متسقة للتنمية الاجتماعية والاقتصادية و التكنولوجية لقطر ما
5- تقييم نتائج الطلب علي الطاقة لكل سيناريو.
6- اختيار السيناريو "الأكثر احتمالا" لنمط التنمية للقطر محل الدراسة من بين السيناريوهات المقترحة.

ومن أهم خصائص النموذج (كما يتضح من الشكل (4-1)) أنه يفرق بين احتياجات الطاقة التي لا يمكن إحلالها non-substitutable (مثل وقود محرك السيارات أو استخدامات محددة للكهرباء) وهذه يتم حساب الطلب النهائي final energy لها مباشرة واستخدامات الطاقة القابلة للإحلال substitutable وفيها يتم في البداية حساب الطلب علي مستوي خدمات الطاقة (أو الطاقة النافعة useful energy) ثم يتم تحويله إلي الطلب النهائي وذلك بالأخذ في الاعتبار اختراق الأسواق و كفاءة كل مصدر بديل للطاقة. وهذا التمييز يسمح بدراسة أفضل للإحلال بين البدائل المختلفة لأشكال الطاقة، بالإضافة إلي تقييم للتطور في التحسن التكنولوجي للأجهزة والمعدات المستخدمة بواسطة المستهلك النهائي.

<u>البيانات المطلوبة لنموذج MAED:</u>

أ- بيانات ديموجرافية: السكان – معدل النمو السكاني – التحضر – القوي العاملة.
ب- بيانات اقتصادية :الناتج المحلي الإجمالي–توزيع الناتج القطاعي – معدل نمو الناتج.
ج- بيانات عن نمط الحياة : حجم الأسر – مستهلكي الكهرباء – أنماط النقل – ملاك السيارات.
د- بيانات عن التكنولوجيا :كثافة استهلاك الطاقة – الكفاءة التكنولوجية – اختراق الأسواق market penetrations

ثالثاً : نماذج عرض الطاقة: Energy supply models

نماذج عرض الطاقة تركز بشكل رئيسي علي الجوانب التقنية الخاصة بنظم الطاقة وعما إذا كان العرض يلاقي الطلب، و في الغالب أيضاً تشمل الجوانب المالية باستخدام مدخل أقل تكلفة. ومن أمثلة نماذج العرض:**MARKAL, MESSAGE, and WASP**. وفيما يلي بعض الخصائص العامة لنماذج العرض:

- النموذج يعتمد بشكل رئيسي علي ما يسمي بمرجعية نظام الطاقة RES، وهي شبكة لتمثيل جميع الأنشطة الفنية اللازمة لإمداد أنشطة الاستخدام النهائي الأشكال المختلفة للطاقة، فهو يوصف تدفق الطاقة من مصدرها الأولي حتي الاستخدام النهائي. وللمزيد من التوضيح يمكن الرجوع إلي الشكل (4-2) الذي يعرض رسم مبسط مرجعية نظام الطاقة.
- جميع نماذج العرض تستخدم المدخل التحليلي من أعلي إلي أسفلBottom-up.
- نماذج العرض هي إما نماذج أمثلية (برمجة خطية) أو نماذج محاكاه. و نماذج البرمجة الخطية تتكون من دالة هدف و مجموعة من القيود[72].

وبشكل عام سيتم إعطاء نبذة مختصرة عن نموذجي MESSAGE&WASP. أما نموذج MARKAL فسيتم تسليط الضوء عليه ضمن نماذج منظومة الطاقة (علماً بأن بعض نماذج العرض مثل MESSAGE&MARKAL يمكن استخدامها أيضاً كنماذج لتحليل منظومة الطاقة ككل، وذلك بربطها بنميذج آخر للطلب علي الطاقة أو بنمذجة الطلب علي الطاقة داخلياً في النموذج).

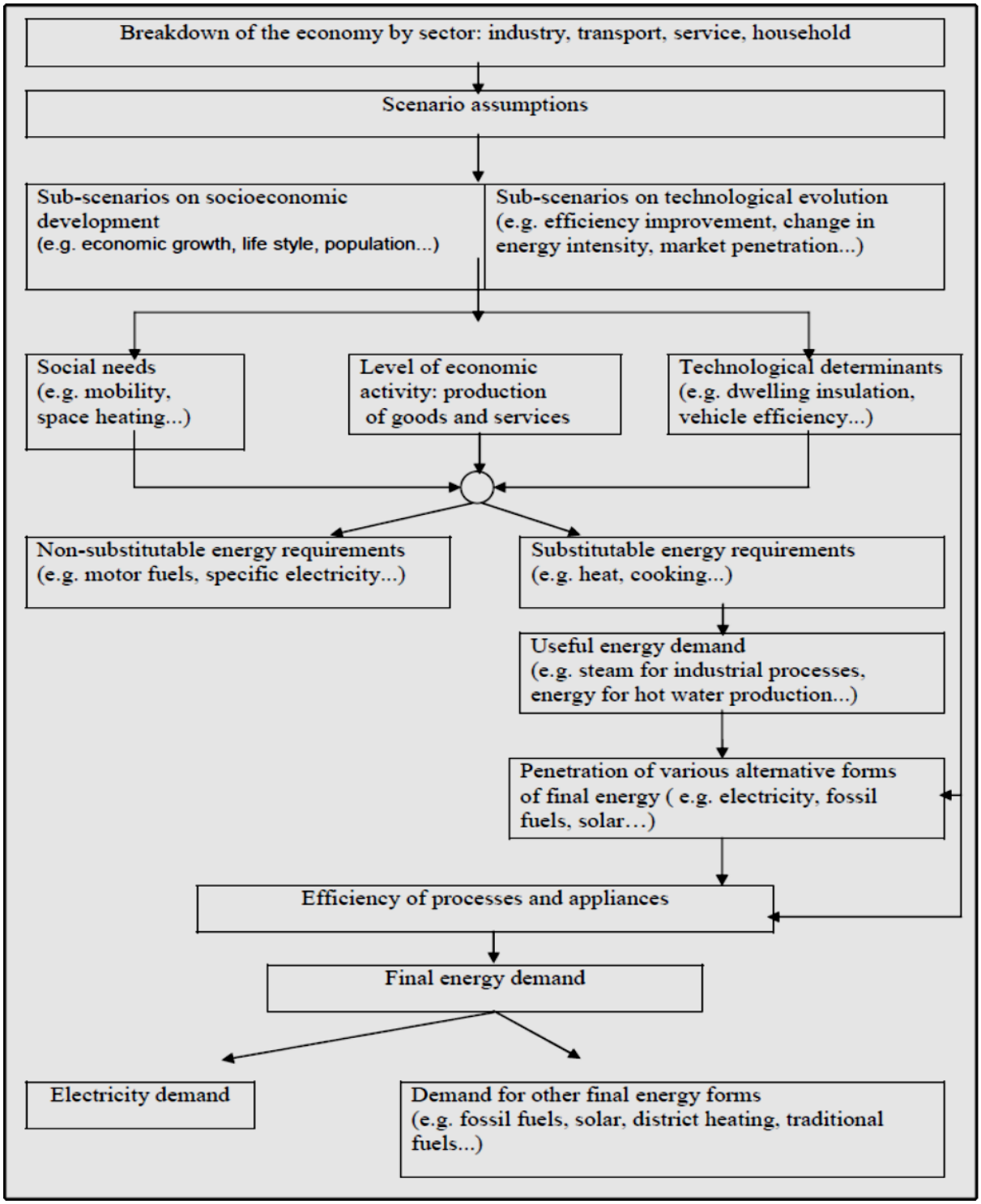
1- نموذج MESSAGE :

هو نموذج أمثليه (برمجة خطية) يستخدم في المدي المتوسط و طويل الأجل لتخطيط الطاقة، تحليل سياسات الطاقة و تطوير السيناريوهات. **و النموذج يقدم إطار لتمثيل منظومة الطاقة مع الأخذ في** الاعتبار الترابط فيما بين مكوناتها المختلفة من استخراج الموارد، والواردات، والصادرات، والتحويل، والنقل، والتوزيع إلي تقديم خدمات الاستخدام النهائي end-use للطاقة (مثل الإضاءة، تكييف الهواء ، عمليات الإنتاج الصناعي و النقل).وعن إطار النمذجة للنموذج – الذي تم بناؤه في المعهد الدولي لتحليل تطبيقات النظم IIASA– أنظر الشكل (4-3). كما أن هناك اتفاقية خاصة بين معهد الـ IIASA والهيئة الدولية للطاقة الذرية IAEA لاستخدام

[72] أنظر شكل نماذج البرمجة الخطية بالملحق(5).

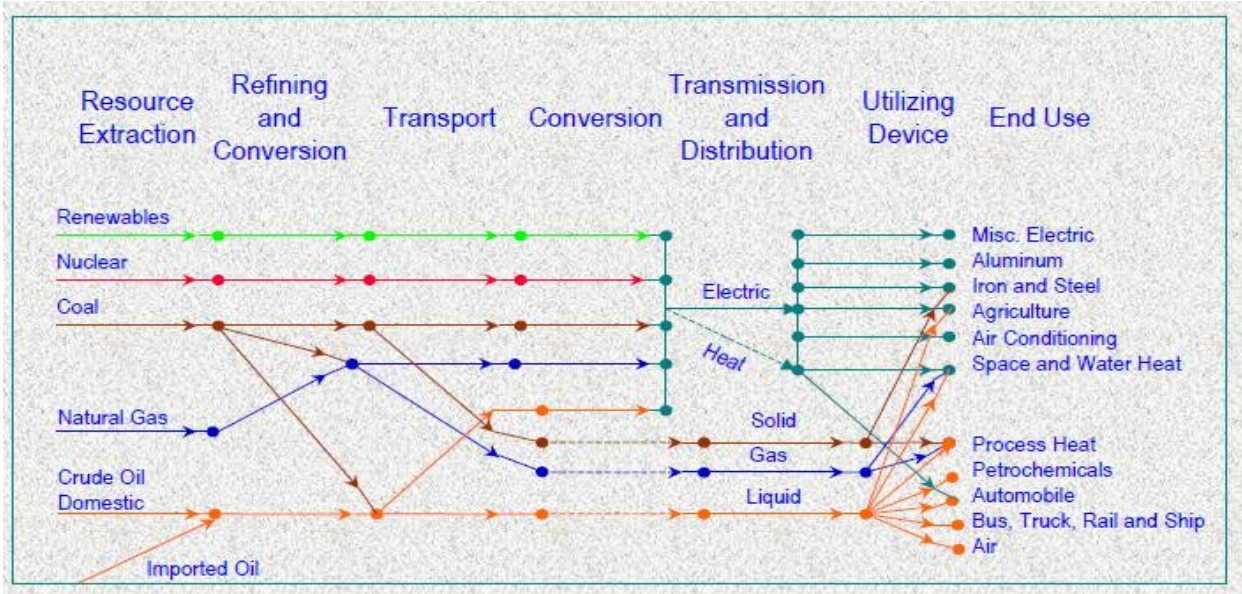
النموذج كأحد نماذج الهيئة في التطبيقات والدراسات التي تخص الدول الأعضاء في هيئة الطاقة الذرية.

شكل (4–1): الإطار العام للتحليل المستخدم في إسقاط الطلب علي الطاقة باستخدام نموذج MAED



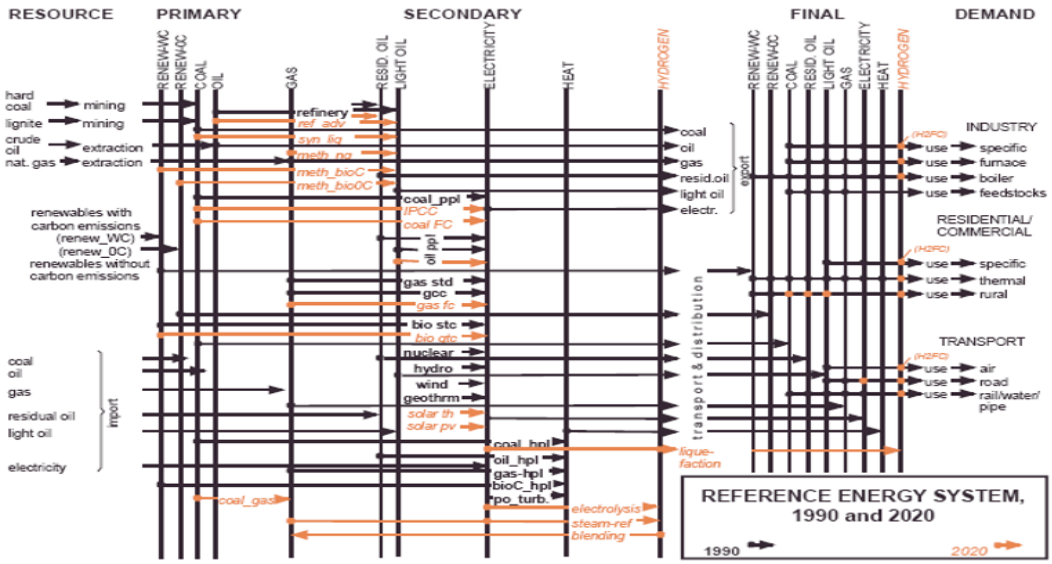
المصدر: IAEA (2006)

شكل (4–2): مرجعية نظام الطاقة RES بشكل مبسط



المصدر: Seebregts*et al.* (2001)

شكل (4–3): مرجعية نظام الطاقة لنموذج MESSAGE



المصدر:

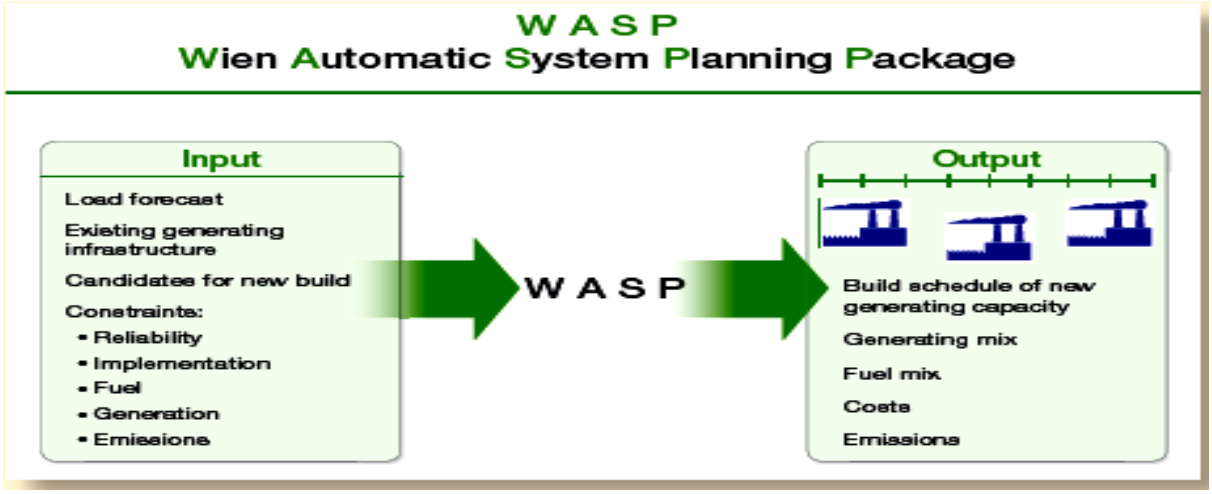
http://www.iiasa.ac.at/web/home/research/researchPrograms/Energy/MESSAGE-energy-system-representation.en.html

2 - نموذج WASP-IV :

هو نموذج أمثلية – تم تطويره بواسطة الهيئة الدولية للطاقة الذرية IAEA– يستخدم في تحليل خطط التوسع في توليد الطاقة الكهربائية (خاصة في الدول النامية). فهو يسمح للمستخدم بإيجاد خطة التوسع المثلي لتوليد الطاقة الكهربائية عبر فترة زمنية طويلة الأجل في

ظل قيود يتم تعريفها بواسطة المحللين المحليين والتي يمكن أن تشمل: محدودية الوقود المتاح – قيود علي انبعاث الملوثات – متطلبات صلاحية النظام ...الخ. ويوضح الشكل (4-4) مدخلات ومخرجات النموذج.

شكل (4-4): المدخلات و المخرجات لنموذج WASP



المصدر: IAEA (2009)

رابعاً : نماذج منظومة الطاقة: Energy system models

منظومة الطاقة كما عرفتها الهيئة الدولية للطاقة الذرية (IAEA, 2009) تتعدي قطاع الطاقة –الذي هو جزء من منظومة الطاقة– لتشمل أيضاً خدمات الطاقة . فمنظومة الطاقة تتكون من قطاع عرض الطاقة وتكنولوجيات الاستخدام النهائي للطاقة (مثل المواقد والثلاجات واللمبات الكهربائية وأجهزة الحاسب).

أو بمعني آخر فإن منظومة الطاقة تتكون من مجموعة من السلاسل المترابطة لتسليم خدمات الطاقة، بدءً من استخراج الموارد الأولية للطاقة (البترول – الغاز–الفحم) ثم النقل، ثم تحويل الطاقة (مثل تكرير البترول – محطات توليد الكهرباء) في صورة مناسبة لتقديم خدمات الطاقة من خلال تكنولوجيات الاستخدام النهائي للطاقة. ويوضح الشكل (4-5) مثال للسلسلة الخاصة بتسليم خدمات الطاقة لصناعة الحديد و الصلب.

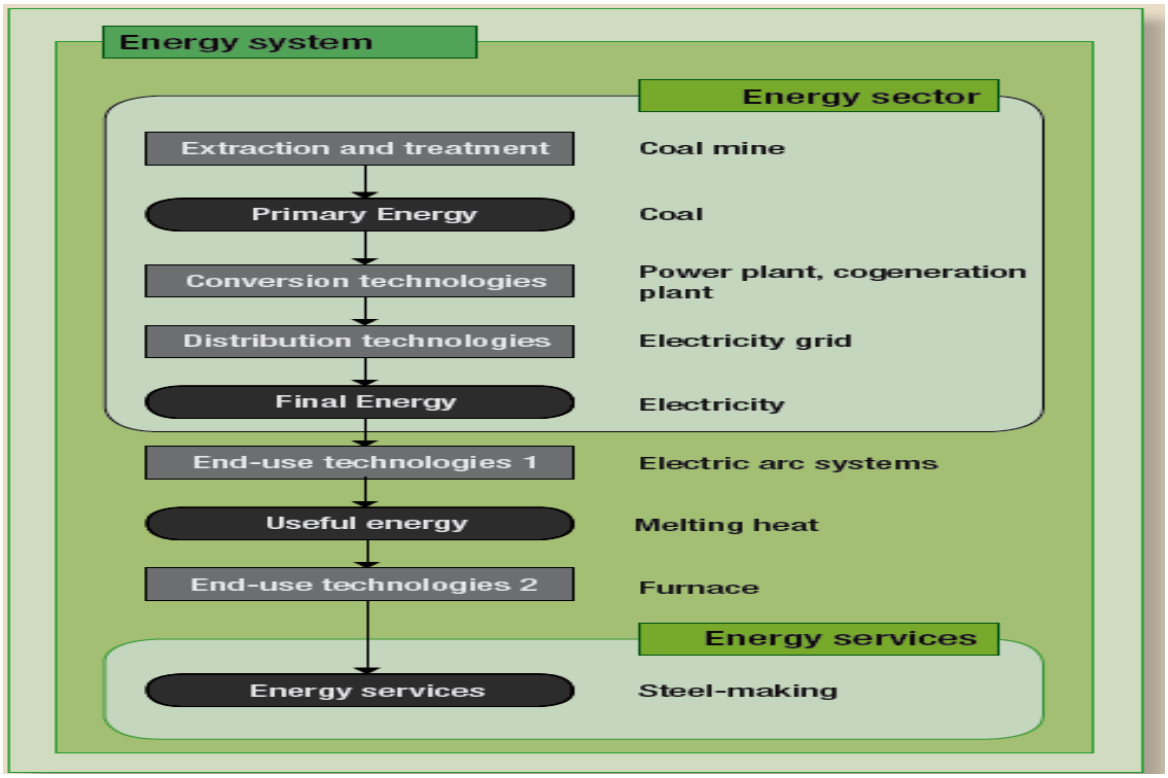
وبطبيعة الحال هناك تنافس بين العديد من سلاسل الطاقة التي تقدم نفس الخدمة للمستخدم النهائي. وبالتالي فإن خدمات الطاقة هي نتيجة لتوليفة لمدخلات من تكنولوجيات

مختلفة، بنية أساسية (رأس مال مادي)، عمالة (معرفة)، مواد ومصادر للطاقة وكل مدخل له التكلفة الاقتصادية المناظرة له. ومن هنا تأتي أهمية نماذج الطاقة التي تحاكي منظومة الطاقة بغرض دراسة وتقييم البدائل المختلفة لتلبية احتياجات القطاعات الاقتصادية المختلفة من خدمات الطاقة في ظل المتاح من موارد الطاقة (التقليدية والجديدة والمتجددة) والتكلفة الاقتصادية لتكنولوجيات تحويل الطاقة وكذلك الاعتبارات البيئية.

وفيما يلى سيتم إلقاء الضوء علي ثلاث نماذج رئيسية لنظم الطاقة (يري الباحث أنها أكثر نماذج الطاقة مناسبة للاستخدام في حالة مصر وهي :LEAP, ENPEP, MARKAL).

ونماذج منظومة الطاقة تتاح للمستخدم في شكل حزم برامج packagesعلي الحاسوب تتكون من مجموعة من النماذج الفرعية مثل مكون الاقتصاد الكلي، الطلب علي الطاقة، عرض الطاقة، التوازن بين العرض الطاقة و الطلب عليها.

شكل (4-5): مكونات منظومة الطاقة



المصدر: World Energy Assessment (2001)

1- عائلة نماذج MARKAL/TIMES :

نموذج MARKAL (الذي تم بناؤه في السبعينيات) تم إسناد تطويره وتحديثه في عام 1978 إلي برنامج تحليل النظم وتكنولوجيا الطاقة ETSP التابع لهيئة الطاقة الدولية IEA. ونموذج MARKAL يستخدم إما كنموذج عرض (إذا كان الطلب علي الطاقة متغير خارجي) أو كنموذج لمنظومة الطاقة. حيث سيتم إلقاء الضوء علي سمات وهيكل النموذج وأهم تطوراته.

أ_ الخصائص والسمات الأساسية لنموذجMARKAL :

- نموذج MARKAL هو نموذج أمثلية ديناميكي (يستخدم أسلوب البرمجة الخطية لتوليد العرض من الطاقة الأقل تكلفة الذي يلبي الطلب علي الطاقة) من نوع bottom-up (فهو يسمح بتمثيل التفاصيل التكنولوجية لكافة قطاعات نظام الطاقة من: تحويل وتجهيز ونقل وتوزيع واستخدام نهائي)، وهو أيضاً نموذج توازن اقتصادي جزئي partial equilibrium ومتعدد المناطق multi-regional.

- النموذج يحسب توازنات الطاقة علي كل المستويات لمنظومة الطاقة: الموارد الأولية، الوقود الثانوي، الطاقة النهائية وخدمات الطاقة.

- مرجعية نظام الطاقة RES لنموذج MARKAL يتكون من العناصر التالية[1]، والتي يمكن تلخيصها في الشكل (4-6) :

- Demands : الطلبات وهي مثل خدمات الطاقة (مثل : تدفئة المكان – عدد الكيلومترات التي تقطعها المركبة – الأطنان من إنتاج الحديد) التي يجب تحقيقها من خلال المنظومة.

- Energy sources: مصادر الطاقة (من خلال التعدين أو الاستيراد) و هي تمثل طرق الحصول علي حوامل الطاقة energy carriers [2] المختلفة.. وتشمل موارد الطاقة الأولية: الوقود الأحفوري–اليورانيوم–الموارد المتجددة (الكتلة الحية–الرياح–الطاقة الشمسية ...الخ).
- Sinks: وهي تمثل الصادرات.

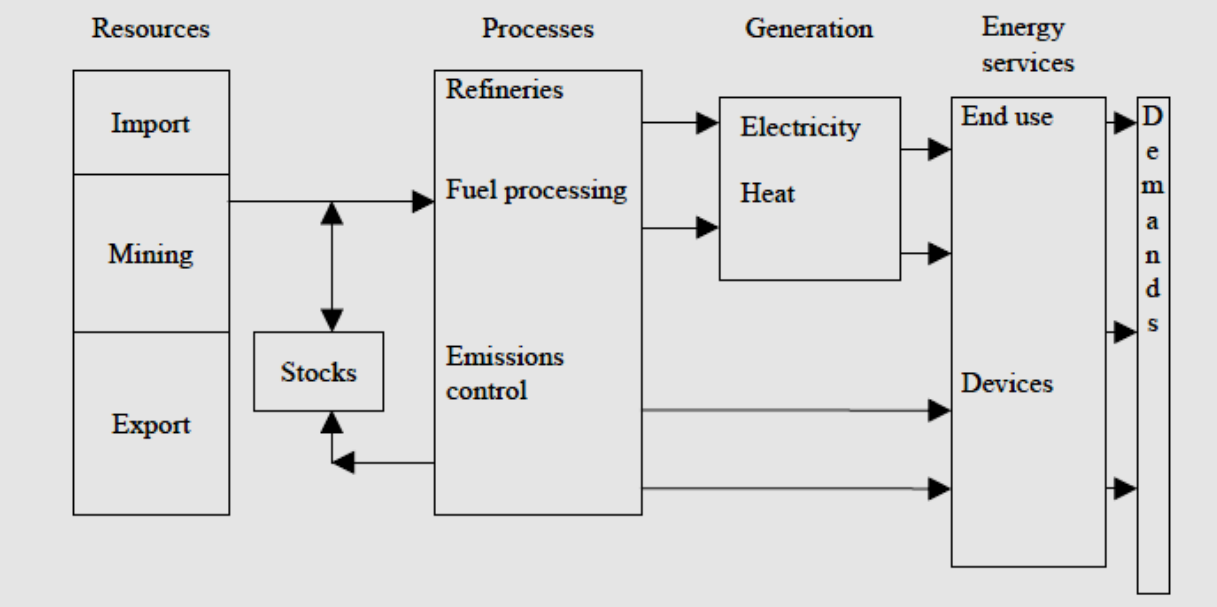
---

[1] Loulou, et al,(2004).

[2] المقصود بحوامل الطاقة energy carriers – وتسمى أيضاً مصادر الطاقة أو أشكال الطاقة energy forms- هى أى شىء فى منظومة الطاقة يحتوى على طاقة قابلة للاستخدام ويمكن الانتفاع بها كما هى أما لإنتاج حامل آخر للطاقة (مثل : الفحم أو الغاز الطبيعى المستخدم فى إنتاج الكهرباء) أو لإنتاج حرارة يمكن استخدامها أو حركة ميكانيكية من خلال تكنولوجيات معينة (مثل بنزين السيارات، الكهرباء والأخشاب).

- Technologies: التكنولوجيات وهي تستخدم إما في تحويل حوامل الطاقة إلي شكل آخر أو إلي خدمات الطاقة النافعة (وتشمل: تكنولوجيات تعدين الفحم استخراج البترول والغاز – تكرير البترول – محطات الطاقة الكهربائية – المحطات الحرارية – اجهزة الاستخدام النهائي الخاصة بخدمات الطاقة (مثل تكييف الهواء و السيارات ... الخ).
- Commodities: السلع وهي تتكون من حوامل الطاقة، خدمات الطاقة والمواد.
- Emissions: انبعاث ملوثات البيئية من خلال الإنتاج أو الاستهلاك بواسطة مصادر الطاقة ، الصادرات ، التكنولوجيات والطلب علي الطاقة.

شكل (4–6): العناصر الرئيسية لنموذج MARKAL

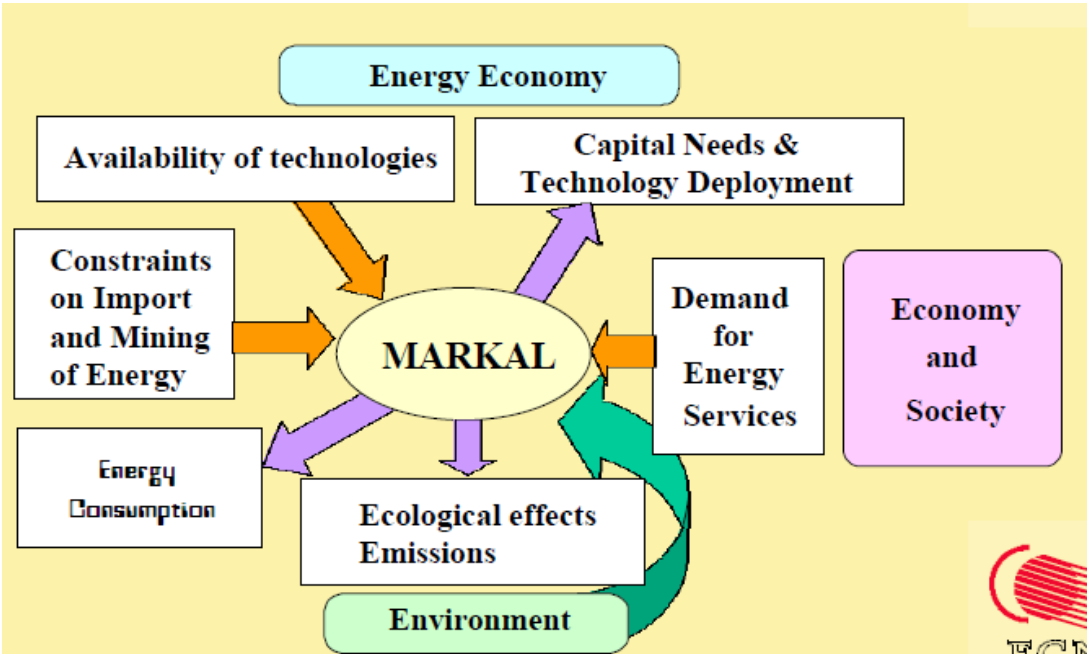


المصدر : Seebregtset al. (2001)

ب- هيكل وقدرات النمذجة في نموذج MARKAL:

يبين الشكل (4–7) هيكل نموذج MARKAL والذي يبين أن مدخلات النموذج تشمل: الطلب علي خدمات الطاقة، التكنولوجيات المتاحة، قيود علي التعدين وواردات الطاقة ، بالإضافة إلي القيود البيئية. أما مخرجاته فمن أهمها: استهلاك الطاقة، الاحتياجات التكنولوجية، والانبعاثات، والآثار البيئية.

شكل (4-7): هيكل نموذجMARKAL



المصدر: Zonooz et al. (2009)

وكنموذج برمجة خطية فإن النموذج MARKAL النمطي يتكون من دالة هدف ومجموعة قيود علي النحو التالي :

دالة الهدف: تدنية التكلفة الكلية لمنظومة الطاقة Minimize the total cost of the system

(التكلفة الكلية = الاستثمارات السنوية في التكنولوجيات + تكاليف التشغيل والصيانة السنوية للتكنولوجيات + تكاليف واردات الطاقة والمواد وإنتاج الموارد المحلية – العائد من صادرات المواد والطاقة + تكاليف المواد والوقود التي تم استلامها + الرفاهية المفقودة نتيجة تقليص طلبات الاستخدام النهائي+ الضرائب ودعم الطاقة(علي مصادر الطاقة والتكنولوجيات وانبعاث الملوثات)).

قيود النموذج :

i. قيد تحقيق الطلب علي خدمات الطاقة:Satisfaction of Energy Service Demands

الطلب علي الاستخدام النهائي للطاقة ≤[73] السعة الي يتم تنصيبها لتكنولوجيات خدمات الطاقة

ii. قيد تحول الطاقة الاستيعابية:Capacity Transfer (conservation of investments)

[73] علامة"≤" تعني أكبر من أو يساوي أما علامة "≥" فتعني أقل من أو يساوي.

السعة المتاحة لتكنولوجيا ما في الفترة الزمنية t = السعة نتيجة جميع الاستثمارات في الفترات الزمنية السابقة للفترة الزمنية t (و التي لم ينتهي عمرها الافتراضي بعد)+ السعة التكنولوجية المضافة منذ الفترة الابتدائيةt_0 للنموذج و حتي الفترة الزمنية t.

iii. قيد استخدام الطاقة الاستيعابية : Use of capacity

النشاط التكنولوجي المسموح به≤ معامل الإتاحة * السعة التكنولوجية المتاحة

iv. قيد توازن الطاقة::Energy Balanceالإنتاج + الواردات ≤الاستهلاك + الصادرات

v. قيد احتياطي الذروة للكهرباء و الحرارة:Peaking Reserve Constraint

vi. السعة المتاحة لتكنولوجيات توليد الكهرباء ≤ السعة المطلوبة في الموسم لأقصي طلب للكهرباء الحرارة) بمعامل أمان يسمي معامل احتياطي الذروة

vii. قيد الانبعاثات البيئية:Emission constraint(s)

مجموع الانبعاثات من ملوث ما ≤ الحد الأقصى المسموح به

viii. قيود أخري يتم تعريفها بواسطة المستخدم:User-defined constraints و من أمثلتها :

- قيد يحد من الاستثمار في محطات جديدة للطاقة النووية (أي كان نوع المفاعل).
- قيد يشترط تخصيص نسبة معينة من زيادة السعة لتوليد الطاقة الكهربائية لمصادر الطاقة المتجددة.

ولقد تم تطوير النموذج في عدة اتجاهات لنحصل علي ما يسمي بعائلة MARKAL للنماذج كما هو موضح بالجدول (4-2)، وفيها يتم تشغيل نموذج MARKAL علي الحاسب بسمات وأبعاد إضافية تهم المستخدم أو بالتكامل مع نماذج أخري مثل MACRO or EFOM.

ج- احتياجات نموذج MARKAL من البيانات يشمل :

- المعلمات : معاملات الخصم ، الوحدات النقدية ... الخ.
- بيانات الطلب : الطلب علي خدمات الطاقة.
- بيانات التكنولوجيا : الوقود المستخدم/المنتج – التكاليف الاستثمارية– تكاليف التشغيل الثابتة والمتغيرة – تكاليف الوقود– الخصائص الفنية مثل : كفاءة التحويل، كفاءة الطاقة لأجهزة الاستخدام النهائي، معاملات الإتاحة والسعة – رأس المال المادي – العمر الإنتاجي للتكنولوجيا.

- بيانات عن مصادر الطاقة الأولية : تكاليف الموارد (مثل: تكاليف الاستخراج ، الواردات والصادرات) – فترة إتاحة المورد والحدود السنوية للإتاحة.
- الآثار البيئية: معاملات انبعاث الملوثات علي مستوي مصدر الوقود والتكنولوجيا المستخدمة.

جدول (4-2): عائلة نماذج MARKAL

أسم النموذج	منهجية النموذج	الوصف
MARKAL	**برمجة خطية LP**	**هي النسخة النمطية للنموذج و فيها الطلب علي الطاقة متغير خارجي.**
MARKAL-MACRO/	**برمجة غير خطية NLP**	**هو ربط بين نموذج MARKAL و نموذج للنمو الاقتصادي علي المستوي الكلي (MACRO) ، وفيه يتم حساب الطلب علي الطاقة داخلياً في النموذج.**
MARKAL-Multi-regions	**برمجة غير خطية NLP**	**هو نموذج فيه يتم ربط مجموعة من النماذج الإقليمية أو القطرية.**
MARKAL-Stochastic	**برمجة عشوائية Stochastic programming**	**هو نموذجMARKAL النمطي يتم فيه معالجة مشكلة عدم اليقين في المستقبل باستخدام أسلوب البرمجة العشوائية**
MARKAL-ETL		**هو نموذج MARKAL النمطي وفيه يتم تضمين التعلم التكنولوجي داخلياً في النموذج عن طريق تغيير التكاليف التكنولوجية مع تراكم الخبرة.**
MARKAL-EFOM (TIMES)		**هو آخر تحديث للنموذج (ويسمي TIMES) وفيه يتم التكامل بين نموذجي MARKAL و EFOM**
MARKAL-GP	**برمجة الهدف Goal programming**	**وفيها يتم صياغة النموذج كنموذج متعدد الأهداف باستخدام طريقة برمجة الهدف لدراسة تأثير الأوزان البيئية في مقابل الأوزان الاقتصادية.**

المصدر: إعداد الباحث.

2- نموذج LEAP:

أ-الخصائص والسمات الأساسية لنموذج LEAP :

هو نموذج متكامل للطاقة و البيئة (تم تطويره بواسطة معهد استكهولم للبيئة). وتعتمد منهجية LEAP علي الأخذ بالمدخل المحاسبي البسيط. ومن الخصائص المميزة لنموذج LEAP ما يلي:

- هو نموذج سهل الاستخدام مبني علي مفهوم السيناريوهات لتخطيط الطاقة وتقييم سيناريوهات تخفيف غازات الدفيئة.

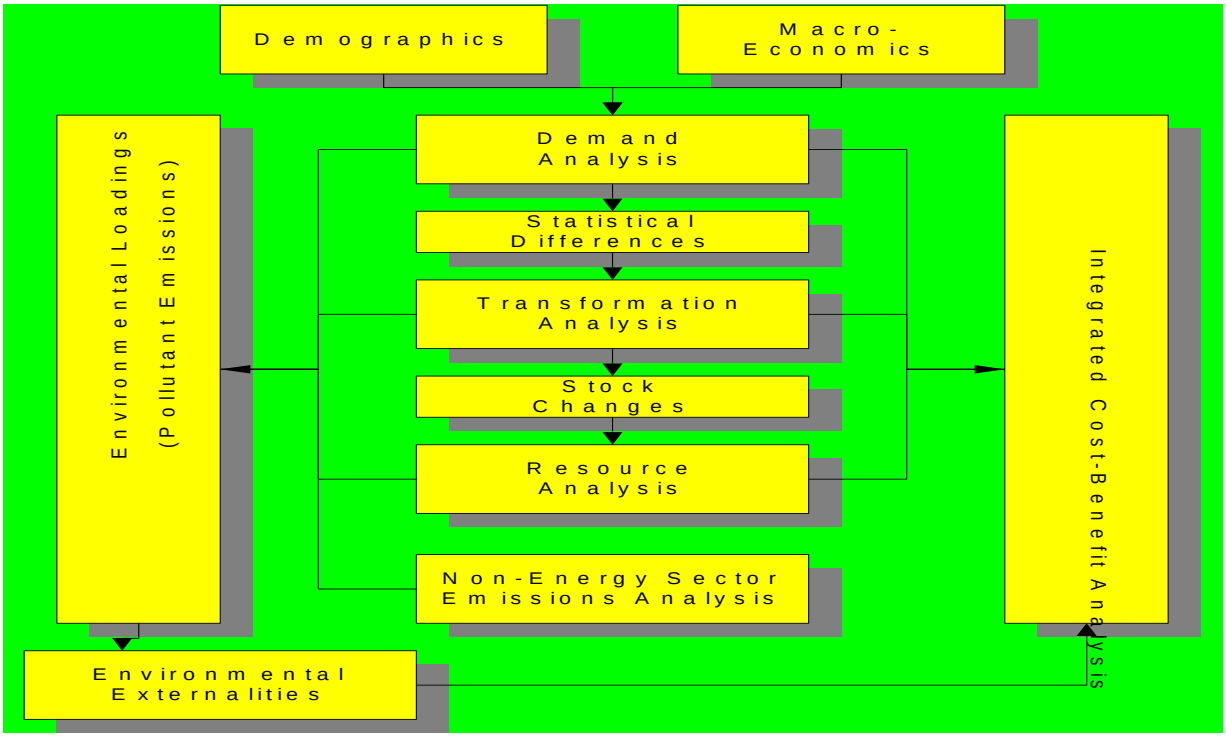
- ذات نطاق واسع: فمن خلاله يمكن خلق نماذج تغطي الطلب علي الطاقة، تحويل واستخراج الموارد، انبعاثات ملوثات الهواء وغازات الدفيئة من قطاعات الطاقة والقطاعات الأخرى، تحليل التكلفة والعائد لنظم الطاقة.
- هو ليس نموذج لمنظومة طاقة بعينها بل هو أداة مرنة لنمذجة نظم الطاقة المختلفة.
  - يدعم استخدام منهجيات متعددة مثل: econometric and simulation models.
- منهجيته بسيطة واحتياجه من البيانات الأساسية منخفض مقارنة بالنماذج الأخرى الأكثر تعقيدا مثل MARKAL و ENPEP.
- نموذج استخدامه مفيد إذا كان المحلل يرغب في تحديد آثار سياسة حكومية مقترحة علي الطاقة والبيئة في حالة ما إذا كانت الإسقاطات التكنولوجية محددة سلفاً.
- يمكن تطبيقه علي المستويات الجغرافية المختلفة: المحلي (المدن والمحافظات) والقطري والإقليمي والعالمي.

ولإجراء أي دراسة باستخدام LEAP لابد في البداية من تمثيل منظومة الطاقة باستخدام ما يسمي بهيكل الشجرة الهرمية hierarchical tree structure وفيها يتم تنظيم البيانات والنماذج. وتتكون الشجرة من مجموعة فروع رئيسية – يتم التفريع منها حسب نوع الدراسة والبيانات المتاحة– تشمل : الطلب علي الطاقة، وتحول الطاقة، وموارد الطاقة الأولية (المتجددة وغير المتجددة)، وقطاع غير الطاقة non-energy sector.

ب– هيكل وقدرات النمذجة في نموذج LEAP:

يبين الشكل (4–8) هيكل وقدرات النمذجة في نموذج LEAP. فهو يشتمل علي خمس وحدات modules رئيسية وهي : الطلب علي الطاقة، وتحول الطاقة، وتحليل موارد الطاقة الأولية (المتجددة وغير المتجددة)، وتحليل التكلفة والعائد، وآثار قطاع غير الطاقة non-energy sector. وعن تتابع العمليات الحسابية في البداية يتم التنبؤ بالطلب علي الطاقة، وبناءً علي الطلب يقوم نميذج تحول الطاقة بمحاكاة عمليات تحويل وعرض الطاقة لتقييم مدي مناسبة الطاقة الأولية المتاحة لتلبية الطلب علي الطاقة والأهداف التصديرية.

شكل (4-8): هيكل نموذج LEAP وتتابع العمليات الحسابية فيه



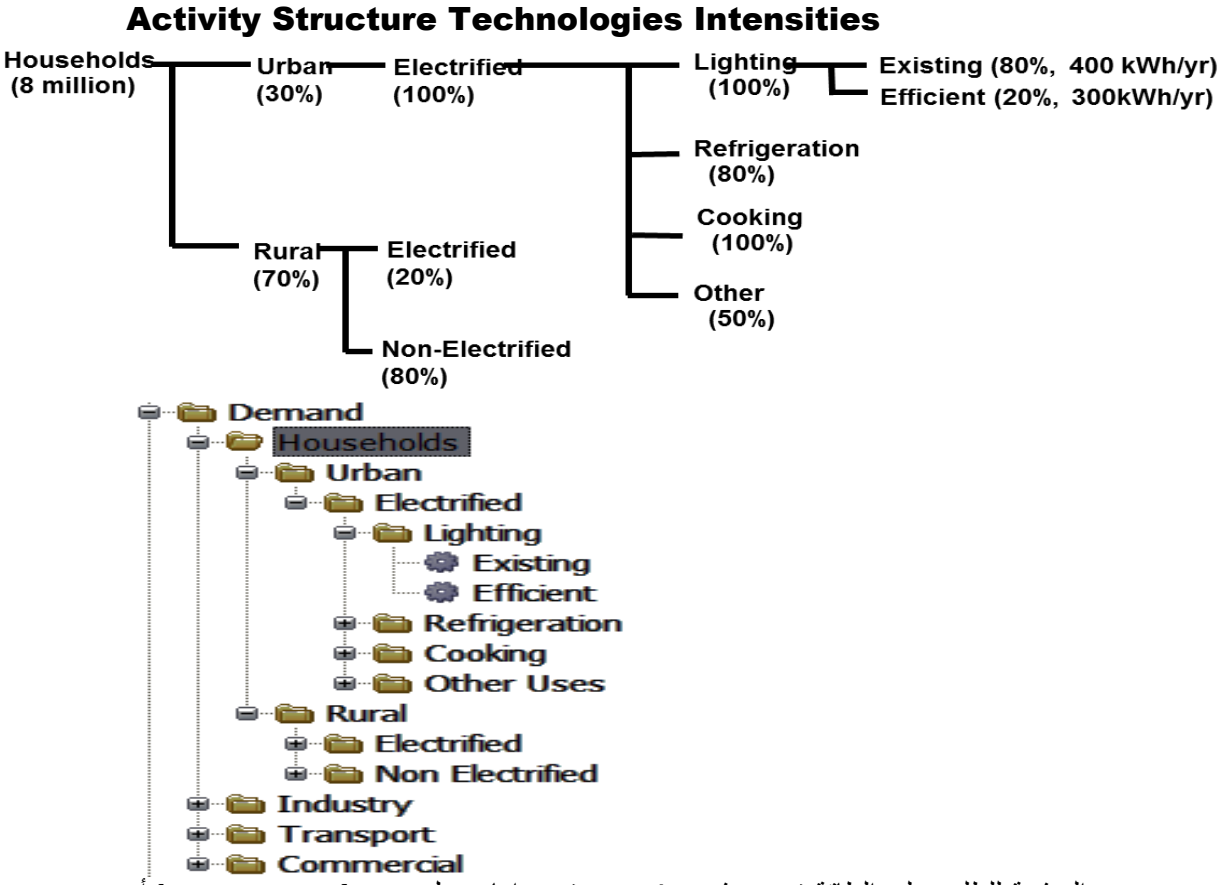
المصدر : **Heaps (2002)**

وفيما يلي نبذة مختصرة عن وحدات النموذج المختلفة:

- **تحليل الطلب علي الطاقة Demand Analysis:**

الطلب علي الطاقة يتم تنظيمه علي شكل شجرة هرمية مرنة تتدرج من قطاعات رئيسية (القطاع العائلي– القطاع الصناعي– القطاع التجاري و الخدمات – قطاع النقل ...الخ) إلي قطاعات فرعية إلي استخدام نهائي إلي أجهزة. وفيما يلي مثال لشجرة خاصة بالطلب علي الطاقة (مع التركيز علي القطاع العائلي)، حيث ينقسم طلب القطاع العائلي للطاقة إلي 30% للحضر (100% طاقة كهربائية، حيث تكنولوجيات الاستخدام النهائي تشمل: الإضاءة – التبريد–الطهي–استخدامات أخري)، 70% للريف (20% طاقة كهربائية و80% غير كهربائية).

شكل (4–9): مثال لشجرة توضح نمذجة الطلب علي الطاقة



منهج النمذجة للطلب علي الطاقة في نموذج LEAP يستخدم إما مدخل bottom-up end-use أو top-down econometric أو خليط بينهما. وبشكل عام هناك ثلاث منهجيات لتقدير الطلب وهي :

I* E = a :Final Energy Analysis

(u / n) *Useful Energy Analysis: E = a

m / fe*Transport Analysis: E = s

حيث :

E = الطلب علي الطاقة

a= مستوي النشاط

I= كثافة الطاقة النهائية (استهلاك الطاقة لوحدة النشاط)

u= كثافة الطاقة النافعة

n = الكفاءة

S = عدد المركبات (المخزون)

M= المسافة التي تقطعها المركبة

Fe = اقتصاد الطاقة

- **تحول الطاقة: TransformationAnalysis :**

تحليل تحول الطاقة في نموذج LEAP (الذي يناظر جانب العرض في النماذج الأخري) يشتمل علي تحويل الطاقة ونقلها وتوزيعها ، بالإضافة إلي استخراج الموارد. وتحول الطاقة في النموذج يعمل علي مستويين من التفاصيل : المستوي الأول وفيه يتم الترتيب حسب قطاعات أو صناعات الطاقة (توليد الكهرباء– تكرير البترول – إنتاج الفحم) ، أما المستوي الثاني ويسمي مستوي العمليات processes وفيه يتم وصف تكنولوجيات تحويل الطاقة (مثل محطات توليد المعتمدة علي الغاز الطبيعي أو الفحم).

- موارد الطاقة : يستخدم هذا المكون في تسجيل بيانات عن الموارد الأولية المتاحة (الوقود الحفري و الموارد الجديدة والمتجددة) وأيضاً معلومات عن تكاليف الإنتاج ، الواردات والصادرات للموارد الأولية والوقود الثانوي.
- تحليل التكلفة والعائد : ومن القدرات الحسابية لنموذجLEAP هو تحليل التكلفة والعائد الاجتماعي للسيناريوهات التي يتم تخليقها. والتكلفة التي يتم حسابها تشمل كل جذء من منظومة الطاقة : تكاليف رأس المال والصياتة والتشغيل الخاصة بشراء واستخدام التكنولوجيات في كل من تحول الطاقة والطلب عليها – تكاليف استخراج موارد الطاقة الأولية والواردات من الوقود – الفائدة من تصدير الوقود – تكاليف إنبعاث ملوثات الهواء.
- إنبعات الملوثات البيئة : إنبعاث الملوثات من قطاع الطاقة وغيرها من القطاعات.

ج– احتياج نموذج LEAP من البيانات:

- بيانات ديموجرافية: عدد السكان – حجم الأسرة – نسبة التحضر... الخ.
- بيانات اقتصادية :الناتج المحلي الإجمالي/ القيمة المضافة–معدلات الفائدة–معدلات التضخم ...الخ.
- بيانات الطلب علي الطاقة: استهلاك الوقود حسب كل قطاع/قطاع فرعي – معلومات عن المخزون والخصائص الفنية (الكفاءة واستهلاك الوقود) والتكاليف والأحمال البيئية لأجهزة استهلاك الطاقة في القطاعات المختلفة.
- بيانات عرض الطاقة: خصائص أجهزة عرض وتحويل ونقل الطاقة – خطط عرض الطاقة – موارد الطاقة (الاحتياطي من الوقود الأحفوري – المأمول من الطاقة الجديدة والمتجددة).
- بيانات عن الاختيارات التكنولوجية: التكاليف التكنولوجية (تكاليف رأس المال والصيانة والتشغيل) – الإنجاز التكنولوجي (الكفاءة – معامل السعة – وحدة الاستخدام... الخ) – معدلات النفاذ للأسواق.

- بيانات عامة عن الطاقة: توازنات الطاقة علي المستوي القومي ببيانات عن الإنتاج والاستهلاك علي مستوي كل قطاع وقطاع فرعي – خطط وسياسات الطاقة علي المستوي القومي.

3- نموذج ENPEP:

أ- الخصائص والسمات الأساسية لنموذج ENPEP:

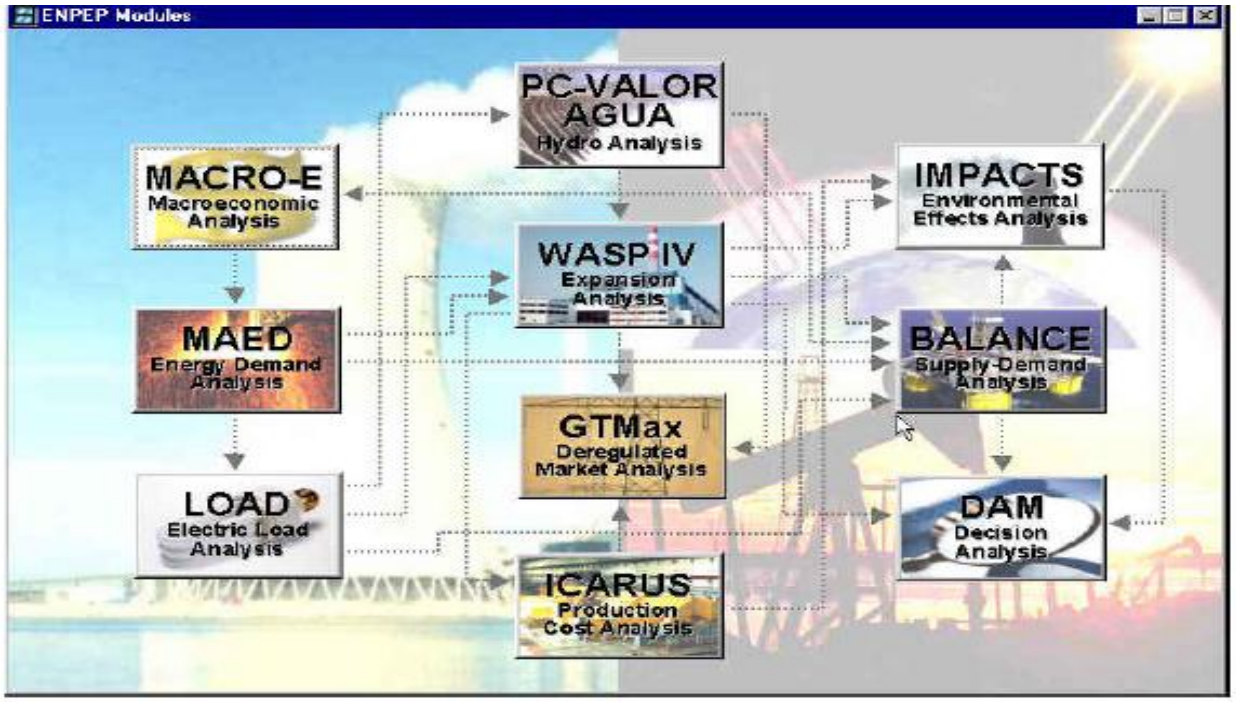
- نموذج ENPEP في نسخته الحديثة –المعتمدة علي نظام النوافذ windows للتشغيل- تم تطويره في عام 1999 بواسطة معمل آرجون القومي ANL والهيئة الدولية للطاقة الذرية IAEA. ونموذج ENPEP الحالي الذي يستخدم نظامwindows يختلف من حيث الهيكل والإمكانيات عن النسخة القديمة للنموذج التي كانت تعتمد علي نظام تشغيل الحاسب DOS. فهو يستغل استغلال كامل بيئة نظامwindows للتشغيل، كما أنه يمد المستخدم بواجهة للرسم البيانيgraphical interface والتي من خلالها يمكن تصميم نموذج شامل لمنظومة الطاقة لدولة أو منطقة ما.
- **استخدامات النموذج** : يمكن استخدام النموذج في تقييم منظومة الطاقة ككل (من جانبي العرض والطلب)، تحليل تفصيلي لمنظومة الطاقة الكهربائية، تقييم الأثر البيئي لاستراتيجيات الطاقة المختلفة.

ب-الهيكل الرئيسي لنموذج ENPEP :

يشتمل نموذج ENPEP علي 10 نماذج فرعية (نميذجات) modules للتحليل الفني للطاقة بجوانبها الاقتصادية والبيئية. للمزيد من المعلومات عن مكونات النموذج يمكن الرجوع إلي شكل (4-10)، كما يعطي الجدول (4-3) نبذة مختصرة عن مكونات نموذج ENPEP.

وبشكل عام نادراً ما تستخدم جميع مكونات نموذج ENPEP بشكل متكامل في دراسات هيئة الطاقة الذرية أو الدراسات الدولية الأخري، حيث حزمة البرنامج الخاصة به علي الحاسب تسمح بأن يعمل كل نموذج فرعي إما بشكل منفصل أو بالتكامل مع النماذج الفرعية الأخرى. والنماذج الأكثر استخداماً هي MAED، WASP-IV، IMPACTS، ENPEP-BALANCE. وسوف يتم التركيز فيما يلى علي نميذج ENPEP-BALANCE وهو خاص بنمذجة التوازن بين عرض الطاقة والطلب عليها.

شكل (4-10): مكونات نموذج ENPEP



المصدر : Conzelmann(2001)

ج – نموذج ENPEP-BALANCE:

يكمن الهدف الرئيسي لنموذج BALANCE في محاكاة سوق الطاقة وتحديد التوازن بين العرض و الطلب خلال فترة زمنية قد تصل إلي 75 عاماً. و لتحقيق هذا الهدف فلابد من تجهيز شبكة network– وكمثال لها أنظر الشكل (4-11)– تمثل أنشطة الإنتاج، التحويل، النقل، التوزيع وأنشطة الخدمات للطاقة وأيضاً تدفق الطاقة والوقود فيما بين تلك الأنشطة . وبناء النموذج علي الحاسب يبدأ بتصميم الشبكة وهي تتكون من مجموعة من الـ nodes and links.والـ nodes تمثل عمليات الطاقة (مثل تكرير البترول)، بينما الـ links تمثل تدفق الطاقة والوقود والتكلفة المناظرة لهما بين الأنواع المختلفة من الـ nodes وعددهم 10 أنواع (وكمثال توضيحي يمكن الرجوع للشكل (4-12). وكل node يناظر نميذج submodel مختلف فيBALANCE و هو عبارة عن معادلة رياضية محددة للتعبير عن العلاقة بين تدفق الطاقة وأسعارها عند روابط الإدخال والإخراج لكل node. وبذلك فإن هيكل نموذج BALANCE يتكون من مجموعة آنية من المعادلات والمتباينات غير الخطية.

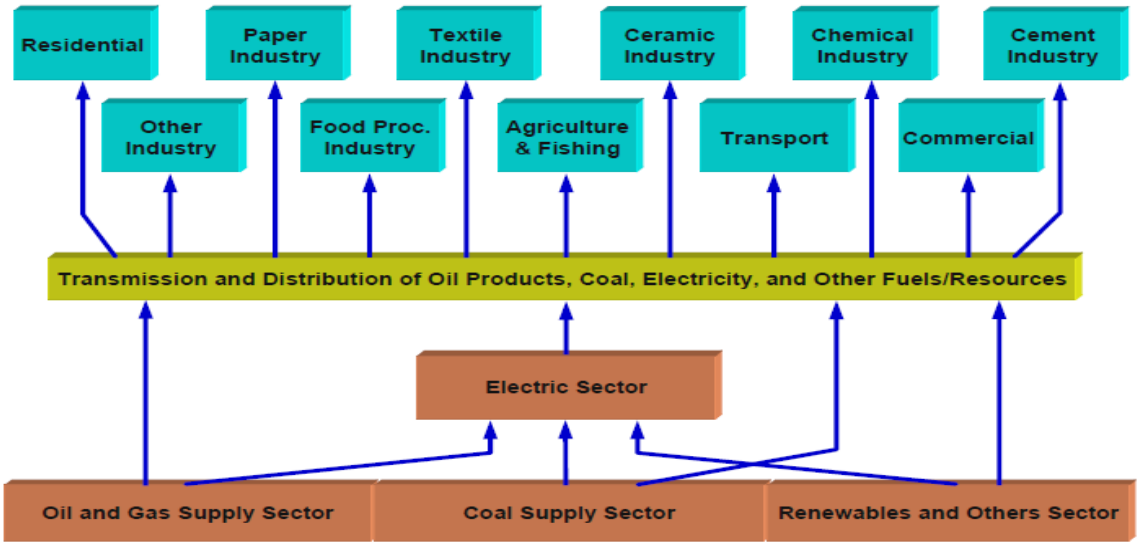
ونموذج التوازن – الذي يمثل شبكة الطاقة– يتم حله عن طريق إيجاد مجموعة الأسعار والكميات التي تحقق جميع المعادلات والمتباينات.

جدول (4-3): نبذة مختصرة عن النماذج الفرعية المكونة لنموذج ENPEP

MACRO-E	**هو نميذج للتحليل الاقتصادي الكلي يساعد في تحليل التغذية المرتدة بين قطاع الطاقة علي الاقتصاد ككل.**
MAED (Model for Analysis of Energy Demand)	**هو نميذج محاكاة مبني علي السيناريوهات يستخدم في التنبؤ طويل المدي للطلب علي الطاقة و الكهرباء.**
LOAD	**هو نميذج لتحليل و تجهيز الأحمال الكهربائية علي مستوي الساعة ، كما أنه يستخدم في توليد منحنيات مدة التحميل و بعض معلمات التحميل الأخرى للاستخدام في بعض النميذجات الأخرى.**
PC-VALORAGUA	**هو نميذج يستخدم في تحديد استراتيجية التوليد المثلي لنظم الطاقة الكهرمائية-الحرارية المختلطة.**
***WASP-IV* (Wien Automatic System Planning Package).**	**هو نميذج لتحديد خطة توسع نظام الطاقة الكهربائية التي تلاقي الطلب المتنامي علي الكهرباء بأقل تكلفة.وعند الانتهاء من خطة التوسع الكهربائي يمكن تكاملها مع منظومة الطاقة ككل من خلال نميذجBALANCE .**
***GTMax* (Generationand Transmission Maximization)**	**هو نميذج تم تطويره لدراسة قضايا التشغيل و التسويق المعقدة في ظل تحرير أسواق الطاقة الكهربائية. فهو يحاكي نظم توليد و نقل الطاقة علي المستوي القطري أو الإقليمي.**
***ICARUS* (Investigating Costs and Reliability in Utility Systems)**	**هو أداة لتحليل منظومة الطاقة من خلال تقييم مدي الصلاحية و الإنجاز الاقتصادي لبدائل أنماط التوسع في نظم توليد الطاقة الكهربائية.**
IMPACTS	**هو نميذج يستخدم في تقدير كميات و تكاليف الآثار البيئية (علي صحة الإنسان ، المحاصيل الزراعية و المباني) للتكنولوجيات المختلفة لتوليد الكهرباء (محطات الطاقة التقليدية – المحطات النووية- محطات الطاقة الجديدة و المتجددة).**
***DAM* (Decision Aiding Module)**	**هو نميذج تم تطويره للمساعدة في تحليل القرارات في حل المشاكل متعددة المعايير وذلك بالسماح بتحليل المفاضلة بين الاهتمامات الاقتصادية و البيئية و التكنولوجية.**
BALANCE	**هو نميذج غير خطي يستخدم مدخل التوازن المبني علي السوق لتحديد التوازن بين العرض والطلب علي الطاقة لمنظومة الطاقة ككل. و النميذج يمثل بيانياً تصميم منظومة الطاقة في شكل شبكة لتتبع تدفق كل أشكال الطاقة بدءً من مستوي المصدر الأولي إلي الطلب النهائي للطاقة.**

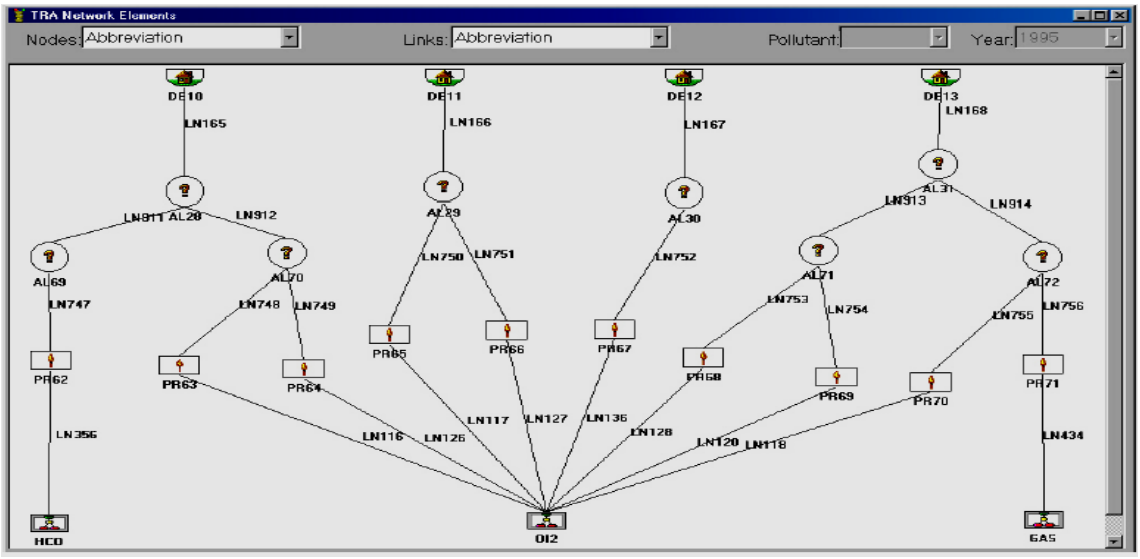
المصدر: إعداد الباحث.

شكل (4-11): شبكة للعرض و الطلب علي الطاقة حسب القطاعات



المصدر: Argonne National Laboratory (2007)

شكل (4-12): مثال لشبكة طاقة بسيطة



المصدر: Argonne National Laboratory (2007)

د. احتياج نموذج ENPEP من البيانات:

تعتمد مدخلات نموذج ENPEP من البيانات علي عدد النميذجات الفرعية التي يتم استخدامها، وذلك لأن كل نميذج له المدخلات والمخرجات الخاصة به. وبشكل عام فإن احتياج نميذج ENPEP-BALANCE من البيانات يشمل:

- هيكل منظومة الطاقة
- تدفقات وأسعار الطاقة لسنة الأساس

– اسقاطات معدلات نمو الطلب علي الطاقة
– القيود والسياسات والجوانب الفنية

نخلص مما سبق إلى أهمية استخدام نماذج الطاقة فى التخطيط لها وإختيار المزيج الأمثل للطاقة الذى يمكن من القضاء على الفجوة بين الطلب على الطاقة والمعروض منها. ولكن في الواقع يصعب استفادة مصر من كافة النماذج التي تم مسحها في هذه الدراسة، وذلك لأسباب متعددة، نذكر منها:

- بعض نماذج منظومة الطاقة التي يتم تشغيلها علي المستوي العالمي فقط وليس القطري (مثل : POLES, WEM, and SAGE) وبذلك يصعب تطبيقها في حالة مصر.
- بعض نماذج منظومة الطاقة التي تم تصميمها لتناسب نظم الطاقة في دول معينة بالإضافة إلي صعوبة الحصول علي حزمة البرامج الخاصة بالنموذج علي الحاسب (مثل : and Energy Plan NEMS).
- بعض نماذج العرض المعقدة يصعب تطبيقها في مصر لأنها تحتاج إلي تفاصيل تكنولوجية وبيانات قد تكون غير متاحة (مثل :MESSAGE).

ومع ذلك يمكن استخدام نماذج الطاقة في مصر فى حالة توافر ما يلى:

- بيانات تفصيلية وهي في الغالب غير متاحة وتحتاج إلي إجراء مسوح لجمعها أو دراسات لتقديرها.
- الكوادر الفنية المدربة على استخدام وتشغيل نماذج الطاقة.
- تدريب العاملين فى مجال تخطيط الطاقة على استخدام مناهج نمذجة متقدمة مثل نماذج الأمثلية– نماذج التوازن الاقتصادية – النماذج القياسية – نماذج المحاكات.
- الإلمام بلغات النمذجة مثل GAMS فى حالة تطوير بعض النماذج.
- تصميم شبكة لنظام الطاقة أو مرجعية لمنظومة الطاقة RES.

List of abbriviation

ANL	**Argonne National Laboratory**
DTI	**Department of Trade and Industry**
EFOM	**Energy Flow Optimization Model**
EGEAS	**Electricity Generation Expansion Analysis System**
ETSP	**Energy Technology Systems Analysis Programme**
ENPEP	**Energy and Power Evaluation Programme**
GEM-E3	**General Equilibrium Model for Economy-Energy-Environment analysis**
IAEA	**International Atomic Energy Agency**
ICCS/NTUA	**Institute of Communication and Computer Systems of the National Technical University of Athens**
IEA	**International Energy Agency**
IEPE	**Institute of Energy Policy and Economics, Grenoble,**
IIASA	**International Institute for Applied System Analysis**
LEAP	**Long-range Energy Alternatives Planning**
MARKAL	**MARKet ALlocation**
MAED	**Model for Analysis of Energy Demand**
MEDEE	**Model d'Evolution de la Demand d'energie**
MESAP	**Modular Energy System Analysis and Planning Environment**
MESSAGE	**Model of Energy Supply Strategy Alternatives and their General Environmental Impacts**
NEMS	**National Energy Modeling System**
POLES	**Prospective Outlook on Long-term Energy Systems**
RESGEN	**Regional Energy Scenario Generator**
RES	**Reference Energy System**
SAGE	**System of the Analysis of Global Energy Markets**
SEI	**Stockholm Environmental Institute, Boston, USA**
TERI	**The Energy and Resources Institute**
TIMES	**The Integrated MARKAL-EFOM System**
U.S. EIA	**United States of America Energy Information Administration**
WASP	**Wien Automatic System Planning Package**
WEM	**World Energy Model**

الخلاصة والنتائج

هناك مصادر عديدة لإنتاج الطاقة فى مصر منها ماهو متجدد أو جديد فى استخدامه بالنسبة لمصر ومنها ماهو فى طريقه للنضوب. ولكن تعانى مصر من الاعتماد على مصادر الطاقة التقليدية الناضبة فى ظل محدودية الاحتياطيات المتوفرة من هذه المصادر، مقابل زيادة مستمرة فى الطلب على الطاقة. ذلك على الرغم من وجود مصادر عديدة للطاقة المتجددة فى مصر – كما اشارت بذلك كثير من الدراسات – لم يتم الاستفادة منها بشكل كامل حتى الآن. كما أن هناك مصادر أخرى تعتبر جديدة بالنسبة لمصر يمكن الاستفادة منها لتلبية الاحتياجات المتزايدة من الطاقة. لذا يهدف هذا البحث إلى دراسة المصادر المختلفة للطاقة الجديدة والمتجددة المتاحة فى مصر، وكيفية الاستفادة بها فى الوقت الحاضر، وفرص وإمكانيات تعظيم الاستفادة منها مستقبلاً، وذلك بوضع السياسات المناسبة واستخدام الأدوات الكمية فى تخطيط الطاقة مثل نماذج الطاقة. ومن أجل تحقيق هدف البحث تم تناول ما يلى:

- مراجعة الدراسات السابقة فى مجال الطاقة الجديدة والمتجددة ونتائجها وكيفية الاستفادة منها.
- عرض ومناقشة الوضع الحالى للطاقة فى مصر وما يواجهه من تحديات.
- دراسة الوضع الحالى والإمكانيات المتاحة لإنتاج واستخدام الطاقة من المصادر الجديدة والمتجددة فى مصر والمفاضلة بينها.
- عرض ومناقشة السياسات المحفزة على إنتاج واستخدام مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة فى مصر وفى دول أخرى.
- عرض نماذج الطاقة المستخدمة فى تخطيط الطاقة من أجل تحقيق التوازن بين عرض الطاقة والطلب عليها، وكيفية الاستفادة منها فى مصر.

وذلك فى فصل تمهيدى وأربعة فصول على النحو التالى:

فصل تمهيدى: "**إطار مرجعى لمفاهيم ودراسات الطاقة**": تناول هذا الفصل أهم المفاهيم الأساسية للطاقة والتى اهتمت ببلورتها المنظمات الدولية العاملة فى مجالات الطاقة، كما تناول بالتحليل أهم نتائج بعض دراسات الطاقات الجديدة والمتجددة التى خلصت إلى ما يلى:

- يفتقر قطاع الطاقة فى مصر إلى وجود التقنيات والتنظيمات المؤسسية اللازمة لتحقيق كفاءة استخدام الطاقة، مما يتطلب بناء استراتيجية محلية متكاملة لتحقيق كفاءة الطاقة، على أن تأخذ فى اعتبارها التحديد الدقيق لاحتياجات القطاعات المختلفة من مصادر الطاقة، وتطوير الإطار المؤسسى اللازم، وكذا حصر مصادر التمويل المختلفة التى

يُمكن الاعتماد عليها، واتخاذ الإجراءات المكملة التى تفعل إدماج التكنولوجيات الجديدة الموفرة للطاقة فى القطاع الاستهلاكى والإنتاجي، بالإضافة إلى أهمية تعديل نظم تسعير الطاقة.

- يجب أن يعتمد المزيج الأمثل للطاقة المتجددة فى توليد الكهرباء على كل من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، وتتوقف مفاضلة صانع القرار بين هذين البديلين فى توليد الطاقة الكهربائية على مجموعة معايير منها معيار التكاليف، ومعيار استمرارية تدفق الطاقة، ومعيار الإتاحة، ومعيار التحكم والمساحة المطلوبة لتوليد الكهرباء.
- توجد ثلاث تكنولوجيات للطاقة المتجددة ذات جدوى اقتصادية فى مجال توليد الطاقة الكهربائية فى مصر، وهى طاقة الرياح والطاقة الشمسية المركزة والخلايا الشمسية الضوئية. ويقتضى تفعيل استخدام هذه الطاقات فى مصر على النحو الكفء بناء استراتيجية متكاملة الأبعاد.
- إن الطاقة النووية ذات جدوى اقتصادية فى توليد الطاقة الكهربائية مقارنة بتوليد الكهرباء باستخدام الطاقة الشمسية. ولكن فى المقابل توجد تكاليف مجتمعية لاستخدام هذه التكنولوجيا لابد من آخذها فى الاعتبار عند اتخاذ قرار بشأن الجدوى الاقتصادية لتطبيق هذه التكنولوجيا فى مصر.

الفصل الأول: "الوضع الحالى للطاقة فى مصر وقابليته للاستدامة": تناول هذا الفصل الوضع الحالى للطاقة فى مصر من حيث الإنتاج والاستهلاك والاحتياطيات المتاحة من مصادر الطاقة التقليدية، وكذلك السياسات والإجراءات ذات العلاقة. وخلص إلى أن الوضع الحالى للطاقة فى مصر يواجه العديد من التحديات على النحو التالى:

- الزيادة المستمرة فى الطلب المحلى على الطاقة لزيادة معدل النمو السكانى من ناحية، وارتفاع معدل النمو الاقتصادى المستهدف تحقيقه من ناحية أخرى، بالإضافة إلى ظهور احتياجات جديدة متوقعة لاستخدامات الطاقة.
- ارتفاع نصيب الوقود الأحفورى فى هيكل إنتاج الطاقة فى مصر، فى الوقت الذى يتوجه فيه العالم نحو مزيد من الاعتماد على المصادر الجديدة والمتجددة فى إنتاج الطاقة واستخدامها. حيث بلغت نسبة إنتاج الزيت الخام والمتكثفات والغاز الطبيعى نحو 96% من إجمالى إنتاج الطاقة الأولية فى مصر، بينما بلغت هذه النسبة نحو 52.8% على المستوى العالمى.

- تراجع عرض الطاقة التقليدية غير المتجددة لتذبذب الاحتياطيات المتاحة من الزيت الخام والغاز الطبيعى، ومن ثم تراجع نسبة تغطية الإنتاج من الزيت الخام للاستهلاك المحلى من نحو 161% فى عام 2001/2000 إلى نحو 99% فى عام 2013/2012.
- ارتفاع نصيب الطاقة الحرارية فى هيكل إنتاج الكهرباء مقابل تراجع نصيب الطاقات الجديدة والمتجددة فى هذا الهيكل، وذلك بعكس الاتجاه العالمى الذى يتوجه نحو تكثيف استخدام مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة فى مقابل تراجع الاعتماد على الوقود الأحفورى (البترول والغاز الطبيعى).

- أهمية الحفاظ على حقوق الأجيال القادمة فى موارد الطاقة غير المتجددة، والتى تعد أحد متطلبات التنمية المستدامة التى يجب على مصر تحقيقها.
- ضعف الإمكانات المحلية فى تصنيع ونشر استخدام تكنولوجيات الطاقة المتجددة.

ولمواجهة هذه المعوقات والتحديات لابد من تطوير مصادر بديلة للوقود الأحفورى، مثل المصادر الجديدة والمتجددة، والتى تتسم بخاصية عدم النفاد والتجدد المستمر، على النحو الذى يساهم فى تحقيق التنمية المستدامة.

الفصل الثانى:" **مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة ومحددات استخدامها فى مصر**": تناول هذا الفصل وضع مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة فى مصر كما يلى:

طاقة الرياح : تعتبر مصدر مستدام للطاقة فى مصر ومن أنظف مصادر الطاقة . حيث تتمتع مصر بسرعات رياح عالية فى مناطق كثيرة مما يجعلها من أكثر دول العالم وفرة فى توليد الطاقة من الرياح. ولكن مازالت هناك محدودية كبيرة فى الاستفادة من هذا المصدر، حيث لا تتعدى مساهمة هذا المصدر 1,9% من إجمالى القدرات المركبة لإنتاج الكهرباء فى عام 2012/2011. ولتعظيم الاستفادة من طاقة الرياح كمصدر لتوليد الكهرباء فقد اعتمدت الاستراتيجية المصرية للطاقة الكهربائية التى أقرها المجلس الأعلى للطاقة فى فبراير 2008 على تنويع مصادر الطاقة ومساهمة الطاقة المتجددة بنسبة 20% من إجمالى الطاقة الكهربائية بحلول عام 2020، تساهم فيها طاقة الرياح بنسبة 12%. ولتنفيذ هذه الاستراتيجية هناك مجموعة من المشروعات المستقبلية التى من المزمع تنفيذها حتى عام 2016 من خلال اتفاقيات تعاون حكومية وبمشاركة القطاع الخاص أيضاً. ولكن يحتاج تنفيذ مثل هذه المشروعات إلى

استثمارات كبيرة تم تقديرها فى هذا البحث بحوالى 9 مليار جنيه بفرض عدم زيادة التكلفة الاستثمارية (كما هو مقدر لها فى متن البحث). كما أن هناك مجالات أخرى يمكن أن تساهم فيها طاقة الرياح – بالإضافة الى توليد الكهرباء – ولكنها مازالت محدودة جداً فى مصر مثل مجالات رفع المياه وضخها من الآبار والمجارى المائية .

الطاقة الشمسية: بالرغم من أن مصر تعتبر من أنسب دول العالم لاستغلال الطاقة الشمسية فى كثير من المجالات، إلا أن مساهمة الطاقة الشمسية لإنتاج الكهرباء فى عام 2012/2011 لم تتعد نحو 0.48% من إجمالى القدرة المركبة. وحتى بعد إنتهاء تنفيذ مشروعات الطاقة الشمسية المزمع تنفيذها خلال الخطة الخمسية لتوليد الكهرباء 2017/2012 لن يتعدى نصيب الطاقة الشمسية فى إجمالى القدرة المركبة 1%. وهو ما يعنى أن مساهمة الطاقة الشمسية الحرارية فى إنتاج الكهرباء فى مصر مازالت محدودة جداً وستظل كذلك فى المستقبل القريب. وقد يرجع ذلك إلى بعض المحددات التى تواجه استخدام الطاقة الشمسية فى مصر، والتى من أهمها ارتفاع التكلفة الاستثمارية لإنتاج وحدة الكهرباء بالطاقة الشمسية مقارنة بمصادر الطاقة الأخرى، حيث تبلغ التكلفة الاستثمارية لإنشاء محطة طاقة شمسية تقريباً ضعف تكلفة إنشاء محطة طاقة رياح لنفس وحدة الطاقة الإنتاجية.

طاقة المخلفات: تحتوى أنواع عديدة من المخلفات على حمل حرارى يتيح فرص الاستفادة بها كمصدر للطاقة. حيث تعتبر المخلفات العضوية الصلبة والسائلة النباتية والحيوانية والداجنة والآدمية والصناعية الغذائية وحمأة الصرف الصحى وورد النيل مصادر للكتلة الحيوية فى مصر. يمكن الاستفادة من هذه المخلفات كمصدر متجدد للطاقة باستخدامها فى تطبيقات عديدة تساهم فى الحد من استخدام المصادر التقليدية وتحقيق استدامة الطاقة وبالتالى التنمية المستدامة. كما أن هناك محاصيل يمكن زراعتها فى الأراضى الصحراوية والأراضى الضعيفة خصيصاً لإنتاج طاقة مثل أشجار الجاتروفا. وتصنف المخلفات إلى الأنواع التالية:

- المخلفات البلدية الصلبة: تنتج بشكل يومى دائم، وتعتبر مصدراً هاماً للطاقة الحيوية، وكذلك للمواد السمادية. إن تحويل حوالى 8.5 مليون طن/سنة فقط من المخلفات الصلبة البلدية إلى مصدر للطاقة يمكن أن ينتج نحو مليون طن بترول مكافئ/سنة. ولكن هناك محددات تواجه استخدام هذه المخلفات مثل صعوبة تجميع المادة العضوية. ومع ذلك فإنه يتم حالياً تحويل بعض هذه المخلفات إلى وقود صلب RDFواستخدامه كمصدر للطاقة فى بعض الصناعات مثل صناعة الأسمنت.
- المخلفات الحيوانية: تعتبر مصدراً غنياً جداً بالكتلة الحيوية. تقدر كمية المخلفات الحيوانية التى يمكن الاستفادة بها كمصدر للطاقة – إذا توفرت نظم سليمة لتجميعها

ونقلها- بنحو 75 ,41مليون طن/سنة، يمكن أن تولد طاقة بما يعادل نحو 9, 2 مليون طن بترول مكافئ/سنة، يمكن استخدامها كمصدر للطاقة فى تشغيل الغلايات والإنارة داخل المجازر، وفى عمليات التسخين، وتشغيل الجرارات الزراعية، وغيرها من التطبيقات.

- المخلفات الزراعية وقش الأرز: تنتج بكميات كبيرة تصل إلى نحو 25 مليون طن سنوياً. وبفرض إمكانية توفير نظم متكاملة لجمع وكبس ونقل 20% فقط من المخلفات الزراعية – شاملة قش الأرز- أى حوالى 5 مليون طن سنوياً . تحتوى هذه الكمية على حوالى 2 مليون طن بترول مكافئ سنوياً. ولكن ارتفاع التكلفة الاستثمارية لعمليات تجميع ونقل هذه المخلفات يحد من إمكانيات الاستفادة منها كمصدر من مصادر الطاقة.
- مخلفات أخري: يمكن لمخلفات الصناعات الغذائية وبعض الصناعات الأخرى والمخلفات الورقية والبلاستيكية وورد النيل وحمأة الصرف الصحى والصناعى أن توفر مالا يقل عن 1.2 مليون طن بترول مكافئ سنوياً إذا توفرت نظم متكاملة للتعامل الآمن معها.
- المخلفات الخطرة: وهى نوع آخر من المخلفات تتصف بصفة أو أكثر من صفات الخطورة، وتتولد من جميع الأنشطة مثل مخلفات الزيوت والشحوم والأحبار وإطارات السيارات المستخدمة، وتحتوى على محتوى حرارى مرتفع تختلف قيمته حسب نوع المخلفات. ويمكن استخدام مثل هذه المخلفات كمصدر للطاقة إما فى نفس الصناعة أو فى صناعات أخرى .

ومن الصناعات التى يمكنها استخدام المخلفات بأنواعها المختلفة كمصدر للطاقة صناعة الأسمنت – وهى من الصناعات كثيفة الاستخدام للطاقة – حيث يمكنها استخدام مصادر بديلة للطاقة مثل إطارات السيارات، ومخلفات الزيوت والمذيبات، ومخلفات صناعة البترول، والمخلفات الزراعية، والحمأة، والمخلفات البلدية، وبقايا الأخشاب. وفى حالة تحول صناعة الأسمنت إلى الوقود البديل، يحتاج إنتاج كمية من الأسمنت مساوية لإنتاج عام 2011/2010 (أى حوالى 44 مليون طن سنوياً) إلى نحو 4 مليون طن بترول مكافئ سنوياً، (بالإضافة إلى نحو 88 ,6ميجاوات ساعة،) يمكن الحصول على هذه الكمية من الطاقة من المخلفات الآتية: قش الأرز والمتبقيات الزراعية، المخلفات الصلبة البلدية المضغوطة RDF، إطارات السيارات المستهلكة بعد فرمها، مخلفات الزيوت والمذيبات العضوية. ولكن يجب مراعاة أن هناك استخدامات أخرى لقش الأرز والمتبقيات الزراعية فى أغراض التغذية، مما يجعل استخدامها كمصدر للطاقة استخداماجزئياً.

الطاقة النووية: هناك جدل فى كثير من الدول حول استخدامها كمصدر للطاقة. فى مصر، هناك من يؤيد ويؤكد على أهمية البرنامج النووى لإنتاج الكهرباء، وهناك أيضاً من يعارضه. يؤكد بعض الخبراء على أهمية استخدام الطاقة المتجددة وخاصة طاقة الرياح والطاقة الشمسية فى توليد الكهرباء، ولكن ليس كبديل كامل عن الطاقة النووية. بينما يشير آخرون إلى أنه لابد من استخدام الطاقة النووية فى توليد الكهرباء، ولا يمكن الاعتماد على الطاقة الشمسية فى توفير احتياجات مصر المستقبلية من الكهرباء. هناك بعض الدول فى المنطقة العربية لديها مشروعات نووية مع مشروعات طاقة الرياح أو الطاقة الشمسية مثل السعودية والإمارات، بينما أوقفت حكومة الكويت خططها النووية بعد حادث محطة "فوكوشيما" باليابان نتيجة الزلزال الذى ضرب اليابان فى عام 2011. وبالتالى فإن اتخاذ قرار بشأن إنشاء محطات طاقة نووية لإنتاج الكهرباء فى مصر يجب ان يراعى الاستفادة القصوى من البدائل الأخري المتاحة– أو التى يمكن إتاحتها– مثل الطاقة الشمسية والرياح والمخلفات فى توليد الكهرباء بجانب الطاقة النووية، مع التأكيد على مراعاة عوامل الأمان والضوابط الصارمة للاستخدام ورفع مستوى الوعى.

الفصل الثالث: "سياسات تحفيز إنتاج واستخدام الطاقة الجديدة والمتجددة": استعرض هذا الفصل السياسات التى تتبعها مصر لتحقيق الهدف الرئيسى لإستراتيجية الطاقة، والمتمثل فى زيادة نسبة الطاقة المتجددة فى هيكل الطاقة، ثم تطرق إلى توضيح أهم السياسات المقترحة لتنمية الطاقة الجديدة والمتجددة، وهى سياسات مستخلصة من خبرات دول أخرى مثل سياسات التسويق والتمويل. وخلص هذا الفصل إلى الآتى:

- إن تعبئة تمويل الطاقة المتجددة تتطلب استراتيجية كلية لسياسة الطاقة يتم صياغتها لتناسب الظروف المحلية، وتجمع بين إطار تنظيمى مساند وتدخلات مستهدفة.
- الأطر التنظيمية يجب أن تتضمن سياسات للطاقة وآليات للتمويل.
- برامج التمويل الحكومى يجب أن توفر حزمة مرنة من آليات التمويل، وأن تسعى إلى تعظيم قوة التمويل الإضافى، وتتجنب الدخول فى مسار يعتمد فقط على مجموعة محددة من التكنولوجيات.

- التنظيم الكلى مطلوب لتضمين الآثار الخارجية فى سعر الطاقة، ومع ذلك فإن التحرير فى أسواق الطاقة يمكن أن يساند عملية استكشاف السعر، وذلك بتسهيل دخول وخروج منتجين جدد للطاقة المتجددة.
- الإصلاحات الاقتصادية الكلية الضرورية لجذب الاستثمار الأجنبى المباشر ستؤدى أيضاً إلى جذب الاستثمار فى الطاقة المتجددة.
- التدخلات المستهدفة يجب أن تتضمن استراتيجيات لبناء القدرات تستهدف مطورى المشروع ومؤسسات التمويل المحلية والموظفين العموميين والإداريين.

الفصل الرابع: "الأدوات الكمية ونماذج الطاقة المستخدمة فى تحديد المزيج الأمثل للطاقة":
تناول هذا الفصل نماذج الطاقة كأداة هامة لتخطيط الطاقة من أجل تنمية إنتاج واستخدام المصادر المختلفة لها. حيث أوضح أن هناك الكثير من الدول المتقدمة – وبعض الدول النامية مثل الهند وباكستان و الصين– قد استفادت من التطور العالمي في مجال نماذج الطاقة في تصميم ودراسة استراتيجيات الطاقة الخاصة بها. أما بالنسبة للوضع في مصر فإن استخدام نماذج الطاقة مازال يواجهه العديد من المشاكل والمعوقات التي تحد من استخدامها، ومن أهمها:

- أن معظم تلك النماذج يحتاج إلي بيانات تفصيلية وهي في الغالب غير متاحة وتحتاج إلي إجراء مسوح لجمعها أو دراسات لتقديرها.
- عدم توافر الكوادر الفنية المدربة على استخدام وتشغيل نماذج الطاقة.
- عدم الإلمام بلغات النمذجة مثل GAMS فى حالة تطوير بعض النماذج.
- الحاجة إلي تصميم شبكة لنظام الطاقة أو مرجعية لمنظومة الطاقة RES عند استخدام نماذج عرض الطاقة.

ومن ثم لابد من العمل على معالجة هذه المشاكل لاستخدام نماذج الطاقة فى تحقيق التوازن بين عرض الطاقة والطلب عليها.

وبناءً على كل ما سبق يقترح البحث أن يتضمن إطار الرؤية المستقبلية للمزيج المناسب لمصادر الطاقة فى مصر ما يلى :

- تعظيم الاستفادة من الطاقة الشمسية كمصدر لتوليد الكهرباء، وكذلك فى الإضاءة والتدفئة بالاستخدامات التجارية والعامة.

- تعظيم الاستفادة من طاقة الرياح كمصدر لتوليد الكهرباء، والعمل على سرعة تنفيذ المشروعات المخططة للوصول إلى نسبة المشاركة المستهدفة فى استراتيجية الطاقة.
- تعظيم الاستفادة من المخلفات المناسبة والمتاحة فى مصر بأنواعها المختلفة وتوفير التكنولوجيات الملائمة، وما يرتبط بها من سياسات وتشريعات وتنظيمات، لاستخدام هذه المخلفات كمصدر مناسب للطاقة البديلة، ليس بالضرورة لإنتاج الكهرباء، ولكن فى مجالات أخرى تساهم فى تخفيف الأعباء على قطاع الكهرباء.

- يتطلب استخدام الطاقة النووية فى توليد الكهرباء (فى حالة حتمية اللجوء إلى استخدامها لزيادة قدرات الطاقة الكهربائية) التطبيق الصارم لجميع ضوابط الآمان.

ولتنفيذ ما سبق يقترح مجموعة من السياسات والإجراءات التى من شأنها تعظيم الاستفادة من مصادر الطاقة المتاحة فى مصر، وذلك على النحو التالى:

- وضع وتنفيذ سياسات خاصة بإدارة برامج تمويل الطاقة المتجددة. وقد يكون من المفيد دراسة أن يتم ذلك من خلال هيئات مستقلة ذات مهام محددة، والاستفادة من بعض النظم التى تستخدم فى دول أخرى لتحقيق الاستدامة فى عملية اتخاذ القرار التمويلى.
- تشجيع الاستثمار المحلى فى مشروعات توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية. ويتطلب ذلك توفر مناخ مناسب يتضمن وجود دعم سياسى قوى مع أدوات وحوافز اقتصادية. بالإضافة إلى الوعى المجتمعى وإعلام واعى مساند. إن تشجيع ودعم البحث العلمى والتطوير التكنولوجى مع التشريعات النافذة يعتبران من الأدوات الهامة للتطبيق. ولكن قبل إصدار أى تشريع يجب توفر متطلبات أخرى هامة تساعد على التنفيذ، وفى الوقت نفسه يمكن من خلالها محاسبة من يخالف التشريع. من هذه المتطلبات بالنسبة للطاقة الشمسية:
  - توفير وحدات الطاقة الشمسية من سخانات ووحدات إضاءة شمسية ذات كفاءة عالية وبأسعار مناسبة، والتغلب على معوقات تصنيع وإنتاج هذه الوحدات محلياً، وإيجاد آلية مناسبة للتمويل مثل القروض الميسرة، مع تشجيع ودعم الصناعات المغذية ومراقبة الجودة الفنية والارتقاء بها، وإلزام المصنعين بالمواصفات القياسية والحصول على شهادات الصلاحية.
  - توفير خدمة ما بعد البيع لصيانة الوحدات. وهناك عدة بدائل منها: إدماج هذه الخدمة مع خدمات أخرى موجودة بالفعل مثل خدمات تنظيف خزانات المياه وتنظيف المفروشات والرش وغيرها، مع تطوير التشريعات لضمان التنفيذ والجودة.

وكذلك تشجيع إنشاء كيانات خاصة بالصيانة تعمل فى إطار تشريعى ومؤسسى سليم، مع منحها التسهيلات والحوافز المناسبة.

- التوعية باستخدام وحدات الطاقة الشمسية ومزاياها وإجراءات تشغيلها وصيانتها واستخداماتها الفعلية فى مصر. ويمكن أن يتم ذلك من خلال برامج تليفزيونية وإذاعية مكثفة، وكذلك من خلال برامج توعية خاصة بالنوادى والتجمعات الشبابية والسكانية.
- التوسع فى إنشاء منافذ عرض وبيع وحدات الطاقة الشمسية بالأسواق والمعارض والمتاجر الكبرى مع مراعاة تولى الجهات المختصة مسئولية مراقبة الجودة الفنية، والتأكد من وجود شهادات الصلاحية الخاصة بها.

- توفير الحوافز المناسبة لتشجيع القطاع الخاص على المشاركة فى مشروعات تدوير المخلفات بشكل عام والزراعية منها بشكل خاص، حيث مازالت مشاركة القطاع الخاص فى هذه المشروعات منخفضة بسبب ارتفاع تكلفتها الاستثمارية. كما يتطلب الأمر وضع سياسات لتوفير التمويل اللازم لدعم عمليات جمع وكبس ونقل المخلفات الزراعية ومعالجتها.
- تعظيم الاستفادة من المخلفات البلدية عن طريق الفرز والفصل من المنبع الذى يحتاج إلى وضع برنامج متكامل يتضمن التوعية والحوافز التى تدعم وتشجع على التطبيق، بالإضافة إلى التشريع الذى ينظم هذه العملية. والأهم من ذلك وجود نظم الجمع والنقل المناسبة التى تتكامل مع نظم الفرز والفصل بالمنبع، والإطار المؤسسى الذى ينظم ويراقب ويحاسب.
- إختيار نموذج الطاقة المناسب للحالة المصرية، والعمل على توفير كافة متطلبات نجاح تطبيقه من أجل تحقيق التوازن بين عرض الطاقة والطلب عليها وصولاً إلى المزيج الأمثل للطاقة. والنماذج الأكثر مناسبة للاستخدام في مصر– وهي أيضاً النماذج الأكثر استخداماً على مستوي العالم بما فيها الدول النامية– هي:

- عائلة نماذج MARKAL : يمكن استخدامها كنموذج عرض للطاقة أو لمنظومة الطاقة ككل– يتم تطويرها وتحديثها باستمرار – أكثر النماذج استخداماً في فئتها علي مستوي العالم.
- نموذج ENPEP : متاح مجاناً–يمكن استخدامه بشكل متكامل أو كنماذج فرعية مستقلة – يمكن التدريب عليه من خلال برامج التعاون مع الهيئة الدولية للطاقة الذرية.
- نموذج LEAP : متاح مجاناً– سهل الاستخدام – يحتاج إلي أقل قدر من البيانات– يقدم دعم فني للمستخدم– يتم تطويره وتحديث باستمرار.

كما لابد من تبني جهة في مصر لموضوع "برمجيات ونماذج الطاقة"، وذلك من خلال إنشاء إدارة أو مركز متخصص يتبع المجلس الأعلى للطاقة تكون مهمته استخدام وتطوير نماذج الطاقة لتخطيط نظم الطاقة، وتصميم استراتيجيات الطاقة في مصر. وهذا يستلزم:

1. بناء قواعد البيانات الخاصة بنماذج الطاقة، وخاصة التفاصيل الفنية والاقتصادية لتكنولوجيات الطاقة.
2. بناء القدرات لمجموعة من الباحثين (من الاقتصاديين والمهندسين) في مجال:
   - التدريب علي استخدام برمجيات نماذج الطاقة العالمية التي يمكن تطبيقها في مصر.
   - التدريب علي لغات النمذجة الخاصة ببعض النماذج مثل GAMS.
   - التدريب علي مناهج نمذجة الطاقة، وتشمل: نماذج الأمثلة– النماذج القياسية – نماذج التوازن الاقتصادي الجزئي والعام.
3. الاستفادة من تجارب الدول النامية المماثلة لمصر في تطبيق نماذج الطاقة العالمية مثل:
   - دراسة عن الهند استخدمت نموذج MARKA وهي بعنوان "خريطة الطاقة الوطنية للهند: رؤية تكنولوجية لعام 2030 " (TERI 2006).
   - دراسة أعدتها الهيئة الدولية للطاقة الذرية عن المكسيك باستخدام نموذج ENPEPبعنوان "تقييم مقارن لخيارات واستراتيجيات الطاقة في المكسيك حتي عام 2025"(IAEA 2005).
   - دراسة أعدتها الأمم المتحدة عن غانا باستخدام نموذجيMAED & MESSAGE بعنوان " تقييم خيارات سياسة زيادة استخدام موارد الطاقة المتجددة لاستدامة التنمية: نمذجة سيناريوهات الطاقة لغانا" (UN 2006).

المراجع

أولاً: المراجع باللغة العربية:

- الملتقى الوطنى لاستراتيجية تنمية طاقة الكتلة الحيوية "البيوماس "**استخدام وانتشار طاقة الكتلة الحيوية(البيوجاز) فى الريف المصرى** "، نوفمبر 1999.
- الجهاز المركزى للتعبئة العامة والإحصاء، **كتاب لمحة احصائية 2012**.
- تقرير "**نتائج أعمال قطاع البترول**"، وزارة البترول، تقارير عديده غير منشورة .
- ج.م.ع. وزارة الدولة لشئون البيئة- تقرير "**حالة البيئة فى مصر 2005** "، إصدار ديسمبر 2006 .
- ج.م.ع. وزارة الدولة لشئون البيئة- تقرير "**حالة البيئة فى مصر 2005**" ، إصدار يونيو 2010.
- ج.م.ع. وزارة الدولة لشئون البيئة – تقرير "**حالة البيئة فى مصر 2010** " ، إصدار 2011.
- ج.م.ع. – وزارة الكهرباء والطاقة – الشركة القابضة للكهرباء مصر – **التقرير السنوى** 2010-2009.
- رئاسة الجمهورية – المجالس القومية المتخصصة ، "**تقرير المجلس القومى للإنتاج والشئون الاقتصادية**"، 2000-2001.
- رئاسة الجمهورية – المجالس القومية المتخصصة، تقرير المجلس القومى للإنتاج والشئون الاقتصادية. "**توليفة الطاقة فى قطاع الصناعة حتى عام 2027/2026**"، شعبة الطاقة والكهرباء والبترول،2011.
- رئاسة الجمهورية – المجالس القومية المتخصصة- تقرير "**المجلس القومى للإنتاج والشئون الاقتصادية**" – الدورة الثالثة والثلاثون 2007/2006: الطاقة النووية- توليد الكهرباء وإزالة ملوحة المياه.
- رئاسة الجمهورية – المجالس القومية المتخصصة- تقرير "**المجلس القومى للإنتاج والشئون الاقتصادية**" – الدورة الحادية والثلاثون 2005/2004: اقتصاديات طاقة الكتلة الحيوية(البيولوجية).
- سعيد عبد المقصود محمد وآخرون." **معوقات استخدام وانتشار طاقة الكتلة الحيوية(البيوجاز) فى الريف المصري** "، الملتقى الوطني لاستراتيجية تنمية طاقة الكتلة الحيوية"البيوماس"، نوفمبر 1999.
- مركز تحديث الصناعة." **قطاع الطاقة في جمهورية مصر العربية**"، ديسمبر 2006.
- مركز تحديث الصناعة. "**قطاع الطاقة المتجددة فى جمهورية مصر العربية**"، مشروع رقم IMC / PS، ديسمبر 2006.

- محمد عبد الفتاح." **تكنولوجيا الغاز الحيوى وطاقة الكتلة الحيوية وإمكانيات تعظيم استخدامها فى مصر**". الملتقى الوطنى لاستراتيجية تنمية طاقة الكتلة الحيوية "البيوماس"، نوفمبر 1999.
- معهد التخطيط القومى، المجلة المصرية للتنمية والتخطيط، المجلد العشرون، العدد الأول يونية 2012، دائرة حوار "**مصر وتحديات المستقبل: مشكلات قطاع الطاقة فى مصر – الانتقال من التشخيص إلى الحلول**".
- هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، التقرير السنوى 2010-2011.
- هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، "**الجدوى الاقتصادية لاستخدام الطاقات المتجددة فى إحلال السخانات المنزلية التى تستخدم الكهرباء والغاز الطبيعى والبوتاجاز فى محافظات القاهرة والجيزة والقليوبية**"، فبراير 2004.
- وزارة التخطيط والتعاون الدولى، تقارير "**متابعة خطط التنمية الاقتصادية والاجتماعية**"، اعداد مختلفة .
- وزارة الكهرباء. جهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك. "**تعريفة التغذية للطاقة المتجددة فى مصر**"، اكتوبر 2014.

ثانياً : المراجع باللغة الإنجليزية :

- Adam B Jaffe and Robert N Stavins**." The Energy Efficiency Gap**", Energy Policy 19942.
- African Development Bank (2012)." **Clean Energy Development in Egypt**".2 (10) 804-810.
- Argonne National Laboratory (2007), **"Energy and Power Evaluation Program (ENPEP-BALANCE)"**, Software manual version 2.25, Center for Energy, Environmental and Economic Systems Analysis (CEEESA).
-
- Bahn, O., A. Haurie and D.S. Zachary (2003), **"Mathematical Modeling and Simulation Methods in Energy Systems**", In :Mathematical Models (eds. J. A. Filar and J. B. Krawczyk), In : Encyclopedia of Life Support System (EOLSS).
- Beeck, N. (1999), **"Classifications of Energy Models**", FEW 777, Tilburg Univ. and Eindhoven University of Technology.
- Bhattacharyya, S.C. and G.R. Timilsina(2009), "**Energy Demand Models for Policy Formulation: A Comparative Study of Energy Demand Models**", Policy Research Working Paper 4866, The World Bank Development Research Group.

- Bhattacharyya, S. C. and G.R. Timilsina (2010), "**A Review of Energy System Models"**, Int. J. of Energy Sector Management, Vol. 4, No. 4, pp.494-518.

- Blazejczak, J et al. (2011), "**Economic effects of renewable energy expansion: A model-based analysis for Germany**", Discussion paper 1156, DIW Berlin.

- Conzelmann. G. (2001), ***Greenhouse Gas Mitigation Analysis Using ENPEP : A Modeling Guide,*** IAEA, Vienna, Austria.
- Dietz, Thomas, "**Narrowing the US Energy Efficiency Gap** (2010)", Proceedings of the National Academy of Sciences, 107(37), 16007.

- Development of Energy Efficiency Indicators In Russia,2011

- Energy Research Center, Faculty of Engineering. "**Renewable Energy Sector in Egypt**", December 2006.

- Egyptian Electricity Holding Corporation (2011), "Annual Report 2010/2011", Egyptian Ministry of Electricity and Energy.

- Edler, D. (2012), **"Modeling Economic Impacts of Renewable Energy Expansion – The Experience for Germany"**, EcoMod 2012, International Conference on Economic Modeling, Sevilla, Spain.

- Felderer, B. (2011), "**Overview of Models in Use for Mitigation/Adaption Policy**", Promitheas-4, Institute of Advanced Studies (HIS), Vienna.

- Heaps, C. (2002), ***Integrated Energy-Environment Modeling and LEAP***, Stockholm Environment Institute-Boston and Tellus Institute.

- Herbst A., F. Toro, F. Reitze, and E. Jochem (2012), "**Introduction to Energy Systems Modelling** ",Swiss Journal of Economics and Statistics, Vol. 148 (2).

- Hani El Nokrashy."**Renewable Energy Mix for Egypt**", Nokraschy Engineering GmbH, Germany (n.d).

- IEA (2012)." **Key World Energy Statistics**".

- International Energy Agency (2007)." **Contribution of Renewable to Energy Security**.

- International Energy Agency (2012)," **The IEA Model of Short Term Energy Security (MOSES)**".

- International Renewable Energy Agency (IRENA) (2012) **"Financial Mechanisms and Investment Frameworks for Renewables in Developing Countries".**

ظظظظظظظ

- International Energy Agency (IEA) (2011). "**Deploying Renewables – Best and Future Policy Practice".**

- International Renewable Energy Agency (IRENA). (2013) "**Renewable Energy Innovation Policy – Success Criteria and Strategies".**

- IRENA (2013), Technology Brief, no E 10-E11-E12- E1-E18-E21- 108-112-113 P18. The International Renewable Energy Agency(IRENA)

- IEA (2013**)," Key World energy statistics".**
- IAEA (2009), "**IAEA Tools and Methodologies for Energy System Planning and Nuclear Energy System Assessments"**, Vienna International Centre, Vienna.

- IAEA (2006)," **Model for Analysis of Energy Demand (MAED-2)**", IAEA/CMS/18, Vienna.

- IAEA (2005), **Comparative Assessment of Energy Options and Strategies in Mexico Until 2025**, IAEA-TECDOC-1469, Vienna, Austria.

- Intarapravich, D. (1999), **"Development of Analytic Methodologies to Incorporate Renewable Energy in Domestic Energy and Economic Planning**", Expert Group on New and Renewable, APEC, APEC Publication Number 99-RE-01.2

- Loulou, R., G.Goldstein and K.Noble (2004), **Documentation for the MARKAL Family of Models**, ETSAP, IEA. Available at :http://www.etsap.org/tools.htm.

- Ministry of Electricity & Energy (2011\2012), New and Renewable Energy Authority (NREA). Egypt. Annual Report 2011/2012.

- Sahir, M.H. (2007), **Energy System Modelling and Analysis of Long Term Sustainable Energy Alternatives for Pakistan**, Ph.D. thesis, Dept. of Mechanical Engineering, Univ. of Engineering & Technology, Taxila, Pakistan.

- Seebregts, A.J., Goldstein, G.A. and Smekens, K. (2001), "**Energy/environmental modelling with MARKAL family of models**", in Chamoni, P., Leisten, R., Martin, A., Minnemann, J. andStadtler, H. (Eds), Operations Research Proceedings 2001 – Selected Papers of the *International Conference on Operations Research (OR2001),* Duisburg, 3-5 September,Springer, Berlin, pp. 75-82.

- Stockholm Environment Institute (2011), **LEAP User Guide for Version 2011**. Available at :http://www.energycommunity.org/.
- TERI (2006), "**National Energy Map for India: Technology Vision 2030**", PSA/2006/2003, Office of the Principal Scientific Adviser, Government of India.

- Teng, F., A. Gu, M. Duan (2007), "**Energy Models in China : A Literature Survey** ",Paper 1, Global Climate Change Institute, Tsinghua University.

- Tarek H. Selim. "**ON The Economic Feasibility OF Nuclear Power - Generation IN Egypt**", Working Paper NO.143, ECES.

- UNEP (2012)." **Global Trend in Renewable Energy Investment**.

- UN (2006), "**Assessing Policy Options for Increasing the Use of Renewable Energy for Sustainable Development :Modelling Energy Scenarios for Ghana**", A UN-ENERGY Demonstration Study.

- Urban, F., R.M.J. Benders, and H.C. Moll (2007), "**Modelling Energy Systems for Developing Countries",** Energy Policy, Vol. 35, No. 6, pp. 3473-82.

- Wikipedia.org. "**Renewable Energy Commercialization**".

- World Energy Assessment (WEA)(2001). **Energy and the Challenge of Sustainability .**Goldemberg, J., (Ed.). United Nations Development Programme, UnitedNations Department of Economic and Social Affairs and World Energy Council, New York, USA .

- Zonooz et al. (2009), "**A Review of MARKAL Energy Modeling**" ,European J. of Scientific Research, Vol. 26 Issue 3.

ثالثاً: مواقع على شبكة الاتصالات الدولية :

- وزارة البترول والثروة المعدنية، http://www.petroleum.gov.eg
- وزارة التخطيط ، http://www.mop.gov.eg
- بوابة معلومات مصر،http://www.eip.gov.eg

- **Department of energy and climate change in UK, http://www.decc.gov.uk**
- **"Free Energy Definition", http://en.wikipedia.org.**
- **Navid Chowdhury."Is Unclear Energy Renewable Energy?" http://large.stanford.edu,March 2012.**
- **"New Energy Bases and Sustainable Development in China", www.elsevier.com/locate/rser.**
- **"What is a Renewable Energy." http://www.newenergytechnologiesinc.com.**
- **http://www.cementegypt.Com**
- **http://www.Youm7.com/News.asp?News ID=940412.**

الملاحق

ملحق (1)

احتياطيات وإنتاج الزيت الخام والغاز الطبيعى فى مصر والعالم فى عامى 2011، 2012

البيان	2011		2012	
	مصر	العالم	مصر	العالم
احتياطي النفط الخام(مليار برميل)	4.3	1244.7	4.2	1256.6
إنتاج النفط الخام (الف برميل)	675	72204.8	667.6	75302.9
احتياطي الغاز الطبيعى (مليار متر مكعب)	2045	191042	2186	192367
إنتاج الغاز الطبيعى (مليار متر مكعب)	61.3	3338.1	58.8	3417.6

المصدر: تقرير أوابك الإحصائى، 2013، ص 8، 14.

ملحق (2)

تجارب استخدام الوقود البديل فى صناعة الأسمنت فى مصر[74]:

(1) شركة لافارج للأسمنت: تستخدم الشركة بعض أنواع المخلفات الخطرة وأيضا غير الخطرة:

- 23 ألف طن سنويا من مخلفات النفط المحلية ومخلفات صناعة المستحضرات الصيدلانية.
- 72 ألف طن سنويا من المخلفات الزراعية ومن مفروزات القمامة المضغوطة(RDF).
- 120 ألف سنويا من مخلفات قش الأرز.

(2) شركة أسمنت أسيوط CEMEX:

- 56,4 ألف طن/سنويا من مخلفات الأشجار من مزرعة مخصصة لأشجار الكازورين لإنتاج الكتلة الحيوية.
- 333 ألف طن سنويا من المخلفات الزراعية(قش أرز، سيقان قطن وقصب السكر والذرة).
- 60 ألف طن سنويا من أنواع أخرى(المخلفات السائلة مثل الزيوت المستعملة ومواد التشحيم) وإطارات السيارات المستعملة والحمأة.

(3) شركة السويس للأسمنت: تهدف إلى تعزيز استخدام المصادر البديلة للوقود.

(4) مصنع القطامية للأسمنت: يخطط للاستفادة من:

- 30 ألف طن سنويا مخلفات زراعية.
- 25 ألف طن سنويا مخلفات RDF.

(5) مصنع أسمنت حلوان: يقترح الاستفادة من:

- 40 ألف طن سنويا مخلفات زراعية.
- 10 ألف طن سنويا حمأة.
- 20 ألف طن سنويا RDF.

(6) الشركة العربية للأسمنت: (طاقة إنتاجية 4,2 مليون طن كلنكر سنوياً)

تقترح الشركة استبدال الغاز الطبيعى بحوالى :

---

(1) موقع أسمنت مصر.

40 ألف طن سنوياً مخلفات زراعية (قش أرز ومخلفات قطن).

20 ألف طن سنوياً حمأة .

82 ألف طن سنوياً وقود RDF.

ملحق (3)

بعض تكنولوجيات تحويل الكتلة الحيوية إلى طاقة وتطبيقاتها فى مصر

تعتبر طاقة الكتلة الحيوية مصدر رئيسى للطاقة المتجددة فى صورها الصلبة والسائلة والغازية لتوفير الطاقة اللازمة خاصة فى القرى والمناطق الريفية. كما يمكن أن تتحول إلى صورة حرارية أو كهربية أو ميكانيكية باستخدام التكنولوجيات المناسبة لنوع وحالة المادة العضوية المعالجة. تتعدد طرق الاستفادة من طاقة الكتلة الحيوية فتشتمل:

طرق حرارية مثل:

أ- الحرق المباشر: وهى طريقة بدائية منخفضة الكفاءة تستخدم بمحدودية فى الريف والحضر لأغراض التسخين حيث يتم حرق المخلفات النباتية والبلدية والحيوانية والإطارات الخردة لإنتاج طاقة لتسخين المياه . غالبا ما ينتج عن هذه الطريقة انبعاثات ملوثة للبيئة.

ب – التحويل الحرارى إلى وقود بطرق :

- التكسير Pyrolysis للحصول على فحم ووقود غازى وسائل تسخين المواد العضوية بمعزل عن الهواء تتحلل المادة العضوية وينتج عنها:
  - تصاعد غازات وأبخرة (يتم تكثيفها فى صورة سائلة)
  - مواد صلبة كربون مثبت على هيئة فحم نباتى.
  - سائل (زيت) يمكن استخدامه للإضاءة وفى بعض المواقد، وأيضاً فى مولدات الكهرباء. يتميز هذا الزيت باشتعاله دون انبعاث أبخرة ملوثة للبيئة.

يتم إنتاج الزيت الحيوى أيضا من محاصيل الطاقة الحرارية , يوجد فى محافظة الأقصر غابة الجاتروفا لإنتاج الزيت الحيوى.

- التغويز gasification: تحويل الكتلة الحيوية إلى وقود غازى عن طريق حرقها حرقا جزئيا (حرق غير كامل) فى وجود كمية محدودة من الأكسجين. يتكون هذا الوقود الغازى أساسا من:

أول أكسيد الكربون ، هيدروجين ، الميثان ، نتروجين ، ثانى أكسيد الكربون ، بخار ماء .

يستخدم هذا الغاز لأغراض التسخين, وإنتاج بخار وتوليد كهرباء.

تطبيقات التغويز: يمكن استخدام هذا الغاز كوقود للسيارات وعربات النقل والجرارات . من أهم تطبيقاته توليد الكهرباء . وقد استخدمت هذه التقنية فى مصر لتحويل كميات من قش الأرز إلى طاقة. فمثلاً فى محافظتى الشرقية والدقهلية يستخدم نحو 150 كج /ساعة قش أرز مفروم لإنتاج 300 متر مكعب /ساعة غاز .

- القولبة والتفحيم:رتحويل مخلفات الأخشاب إلى وقود صلب(الفحم النباتى وقوالب الوقود الصلب) ووقود غازى ومواد كيميائية سائلة.يتم انتاج الفحم النباتى فى مكامير أو أفران أرضية، وقد أمكن انتاج مكمورة مطورة باستخدام السولار فى ساحل سليم بأسيوط, ولكن مازال استخدام هذه التقنية محدودة جدا خاصة فى ضوء أزمة السولار .

طرق حيوية مثل:

أ- **التخمير اللاهوائى:**

تحليل الكتلة الحيوية (المخلفات العضوية) فى ظروف لا هوائية مع ضبط نسبة الرطوبة. يتم هذا التحلل بفعل نشاط البكتيريا اللاهوائية. ينتج عنه: وقود غازى يعرف باسم Bio gas يتكون من:

ميثان	55–70%
ثانى أكسيد الكربون	29–42%
كبريتيد هيدروجين ونتروجين	(1–3%)

مادة صلبة يمكن استخدامها كمخصبات زراعية :

يمكن استخدام هذه الطريقة فى القرى الريفية والمناطق النائية حيث يستخدم روث الحيوانات ومخلفات كسح بيارات الصرف الصحى ومخلفات الأغذية والدواجن.

من تطبيقات استخدام التخمير اللاهوائى فى مصر :

* مخلفات المجزر الآلى بدير العرب بالفيوم وأيضا بشرق العوينات بالوادى الجديد.

*حمأة الصرف الصحى فى أبورواش

ب–التخمير إلى الكحول الايثيلى :

يتم إنتاج الإيثانول الحيوى من التخمر اللاهوائى للسكريات باستخدام كائنات حية دقيقة. يعتبر قصب السكر من أغنى مصادر الطاقة لإنتاج الإيثانول، ويمكن أيضاً استخدام القمح والشعير والذرة والبطاطس.

يتم تخمير الباجاس الناتج من صناعة السكر بمعدل 2 طن باجاس لإنتاج حوالى 15 ألف متر مكعب كحول سنوياً.

ملحق (4)

مثال لمعادلة النموذج القياسي:

الطلب على الطاقة (E) دالة فى سعر الكهرباء (P)، والاستهلاك الخاص للأسر (PC)

$$E = k * P^a * PC^b$$

$$Ln(E) = Ln(k) + a * Ln(P) + b * Ln(PC) + \epsilon$$

حيث:

a : مرونة الطلب الخاص بسعر الكهرباء

b: مرونة الطلب الخاص بالاستهلاك الخاص

k : قيمة ثابتة

ϵ : خطأ التقدير (متغير عشوائى)

مثال لمعادلة النموذج المحاسبى:

الطلب على الطاقة E يساوى مجموع حاصل ضرب المعدات (أو الأجهزة) Eq فى وحدة استهلاك كل معدة (أو جهاز) UC

$$E = \sum_i Eq_i * UC_i$$

ملحق (5)

الشكل العام لنموذج برمجة خطية

$$
\begin{aligned}
&\textit{Minimize} && c^T x \\
&\textit{Subject to} && Ax = a \\
& && Bx \le b \\
& && Dx \ge d \\
&\text{and} && x \ge 0
\end{aligned}
$$

حيث :

x : متجه مستويات النشاط (متغيرات النموذج)

c : متجه التكاليف

$Ax = a$: قيود النموذج الهيكلية (مثل : توازنات الطاقة)

$Bx \le b$: قيود ندرة الموارد (مثل : المتاح من موارد الطاقة الأولية)

$Dx \ge d$: قيود تحقيق الطلب على الطاقة.