الآثار البيئية لإحلال الفحم محل الغاز الطبيعي في قطاع الكهرباء في مصر

د. إيمان علي محفوظ العجوزة(*)

مقدمة:

تعد الطاقة عنصرًا جوهريًا من عناصر تلبية جميع الاحتياجات الإنسانية، كما أنها تضطلع بدور مهم في تحقيق الجوانب الاجتماعية والاقتصادية والبيئية المتعلقة بالتنمية المستدامة والرفاهية الاقتصادية لشعوب العالم. وقد اتجهت مصر للتوسع في استخدام مصادر الطاقة النظيفة والتي يعد الغاز الطبيعي أحد صور الوقود الأحفوري والأقل تلويثًا للبيئة والأعلى في المحتوى الحراري بالمقارنة بصور الوقود الأحفوري؛ وذلك لتلبية احتياجات التنمية.

إلا أنه في الآونة الأخيرة تواجه مصر مشكلة عامة من حيث نقص موارد الطاقة؛ نظرًا للزيادة المستمرة في معدلات الاستهلاك مع ثبات الإنتاج المحلي من الغاز الطبيعي والبترول أو انخفاضه منهما. وبالإضافة إلى ذلك أدت ظروف عدم الاستقرار منذ قيام ثورة يناير 2011 إلى وجود أزمة حالية في تدبير احتياجات الطاقة، مما أدى إلى تكرار انقطاع الكهرباء وتوقف جزئي لبعض خطوط الإنتاج في المصانع.

وتعد مشكلة الطاقة نتيجة طبيعية لنمط الاستهلاك غير الرشيد لمصادر الطاقة المتاحة والتي تم اتباعها على مدى العقود الماضية، حيث لم تأخذ في

(*) مدرس الاقتصاد، كلية التجارة - جامعة قناة السويس، جمهورية مصر العربية.

الاعتبار حق الأجيال القادمة في موارد البلاد، خصوصًا الغاز الطبيعي، مخالفة بذلك بداية العدالة الاجتماعية، ولم تراعِ شروط تحقيق التنمية المستدامة.

وقد دفعت الحاجة لتوفير مصادر للطاقة إلى التفكير في إعادة استخدام الفحم الحجري في محطات توليد الكهرباء، والذي بدأ استخدامه في العصور الوسطى. وقد كان الفحم من أهم المصادر الطبيعية للطاقة خلال القرن الماضي وما زال يستعمل حتى يومنا هذا. وتقدر كميات الفحم في العالم بما يقرب من 990 بليون طن تكفي بما يقرب من 150 عامًا[1]، إلا أن استخدامه يؤدي إلى العديد من المشاكل التي تؤثر على البيئة والإنسان؛ كونه مصدرًا رئيسًا لتلوث الهواء، حيث إن احتراقه يؤدي إلى تجمع غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو، مما يؤدي إلى رفع درجة حرارة الجو، وهي تُعد من المشاكل الرئيسة التي تواجه سكان العالم، وهذا يعرف بـ«مشكلة الاحتباس الحراري». هذا إضافة إلى أن التعدين السطحي للفحم يخلِّف أراضي غير قابلة للزراعة نتيجة تشوُّهها وتلوثها.

مشكلة البحث:

لقد تحولت أزمة الوقود في ظل تزايد معدلات النمو السكاني والنمو الاقتصادي ومعدلات الاستهلاك والندرة الملحوظة في مصادره، إلى البحث عن مصادر تقليدية كانت سائدة في القرن الماضي، ممثلة في الفحم متجاهلة الآثار البيئية المختلفة الناجمة عن استخدام الفحم في توليد الكهرباء.

أهداف البحث:

يهدف البحث إلى التعرف على:

1- علاقة الطاقة بالتنمية والبيئة.

2- أزمة الطاقة في مصر.

3- اقتصاديات الفحم (إنتاج - استهلاك - تجارة دولية).

4- الآثار البيئية لإحلال الفحم محل الغاز الطبيعي في توليد الكهرباء في مصر.

الطريقة البحثية ومصادر البيانات:

اتبع الأسلوب الإحصائي التحليلي الوصفي، وتحليل البيانات المتاحة للتعرف على مدلولاتها الاقتصادية، للوصول إلى أهم المؤشرات لتحقيق هدف البحث، كما تم الاستعانة ببعض البحوث والدراسات المتصلة بموضوع البحث.

الجزء الأول: علاقة الطاقة بالبيئة:

يعمل الإنسان دائمًا وأبدًا على استغلال موارد الطبيعة لبناء تقدمه وحضارته، إلا أن استغلاله لهذه الموارد يتم بطرق خاطئة، الأمر الذي أدى إلى اختلال توازن جودة حياته، وأضر بالبيئة بشكل عام، فأصبحت ضعيفة هشة لا تستطيع الوفاء بمتطلباته. وأصبح هناك اعتقاد خاطئ بأن القضاء على مصادر التلوث هو الأساس في النهوض بالبيئة من جديد وليس العمل على تنمية مواردها وتحسين استخدام مثل هذه الموارد.

ويعد الاهتمام بالبيئة المحيطة بالبشر قديم قدم الإنسان نفسه، حيث إن الانشغال المتخصص بالبيئة والحفاظ على توازنها من الشواغل المهمة في الفقه الإسلامي، وعلى الرغم من غياب الذكر المباشر لمفهوم البيئة في الأصول الإسلامية يجد الباحث المدقق أن مفهوم الاستخلاف للإنسان هو خير رابط بين الإنسان والبيئة، ويرتكز مفهوم الاستخلاف على قوام الإنسان بتحقيق العمران في الأرض، مستعينًا بالمسخَّرات المخصصة له من الكائنات الحية والعناصر غير الحية، مسترشدًا بالسنن الإلهية في إدارة العلاقة المشتركة، وهنالك العديد من الآيات الدالة على مدى الترابط بين الإنسان والكون.

أما الاهتمام بالبيئة وقضاياها في الغرب عبر السياسات البيئية فحديث نسبيًا، وقد ظهر اصطلاح «علم البيئة Ecology» عام 1866 على يد عالم الحيوان الألماني إرنست هايكل. ويشتق اصطلاح «علم البيئة Ecology» من الكلمة اليونانية Oikos والتي تعني الموطن، وقد استخدمه هايكل للإشارة إلى «البحث في مجموع علاقات الحيوان ببيئته العضوية وغير العضوية». ومنذ أوائل القرن العشرين عُرف «علم البيئة» بكونه فرعًا من فروع البيولوجي (الأحياء) يبحث في علاقة الكائنات الحية ببيئتها.

ولا يخفى الدور الأساسي للموارد الطبيعية كافة، سواء المتجددة منها أو الناضبة في دعم عملية التنمية الاقتصادية، حيث تُمثل تلك الموارد مُدْخَلات أساسية للقطاعات الاقتصادية كافة التي تشارك في توليد الدخل القومي وما يترتب على ذلك من رفع معدلات النمو الاقتصادي بصفة عامة.

وتُعد الطاقة أحد أهم عوامل التنمية الاقتصادية، سواء للدول المنتجة لها أو للدول الصناعية الكبرى المستهلك الأساسي لها. وكما يحقق استخدام موارد الطاقة المتنوعة من أثر إيجابي متمثل في رفع معدل النمو الاقتصادي وزيادة رفاهة أفراد المجتمع، فإننا في الوقت ذاته لا نستطيع تجاهل الأثر السلبي المترتب على هذا الاستخدام من تلوث البيئة وإجهادها.

وفي بداية القرن الحادي والعشرين أصبحت القضية ذات الأهمية الأكبر التي يواجهها العالم اليوم هي قضية علاقة الطاقة بالبيئة. وقد برزت المشاكل البيئية بوضوح في التحذيرات العالمية من ظاهرة الاحتباس الحراري، حيث تم توجيه أصابع الاتهام إلى الغازات التي ينطلق جزء منها نتيجة لحرق الوقود الأحفوري في عدة مجالات على أنها السبب الرئيس للعديد من الظواهر التي تؤدي إلى تلوث البيئة والتأثير على طبقة الأوزون وما ينجم عنه من ظاهرة الاحتباس الحراري.

وقد أسرعت تلك الدول باستصدار القوانين والتشريعات لوضع ضريبة الكربون على استهلاك البترول من ناحية، والحث على استخدام مصادر الطاقة البديلة للبترول من ناحية أخرى، وأصبح موضوع التلوث البيئي وعلاقة الطاقة الأحفورية بهذا التلوث هي أهم الموضوعات التي يتبناها المجتمع الدولي منذ الربع الأخير للقرن العشرين حتى الوقت الحالي.

وتجدر الإشارة إلى أن الاهتمام بدراسة الطاقة ودورها في التنمية المستدامة يُعد من أولويات الاهتمام بالبيئة، ويتحقق ذلك من خلال مسارين؛ يتمثل المسار الأول في كون موارد الطاقة تُعد إحدى ركائز النظام البيئي، وأي اختلال هيكلي في تلك الموارد سوف يؤدي إلى اختلال في النظام البيئي بأكمله. أما المسار الثاني فيتمثل في أن عمليات التنمية الاقتصادية التي تقوم على استغلال مصادر الطاقة لا بد أن تأخذ في حسبانها ضرورة الحفاظ على البيئة من التلوث أو الاختلال الذي يمكن أن يحدث نتيجة سوء استغلال تلك الموارد وعدم الكفاءة في استخدامها وما يمكن أن يؤدي إليه من اختلال النظام البيئي العالمي وما يتبعه من كوارث بيئية وخسائر اقتصادية[2]. ومن هنا كان الترابط بين كل من عمليات التنمية الاقتصادية التي امتدت لتشمل مفهوم التنمية المستدامة وبين كل من الطاقة البترولية التي تمثل إحدى الركائز الأساسية التي تقوم عليها التنمية المستدامة، وبين ضرورة الحفاظ على البيئة التي تمثل النسق العام الذي يضم تلك الموارد[3].

التطور النظري للعلاقة بين الطاقة والبيئة والتنمية المستدامة:

1-1: المرحلة الأولى: الاقتصاديون الكلاسيك:

في عام 1798 نشر توماس مالتس Thomas Malthus مقالته المشهورة عن السكان، حيث كان يرى أن الجنس البشري سوف يستمر في التكاثر وزيادة التناسل حتى تواجهه مشاكل حدود الموارد الطبيعية الناضبة، وأن هذا سوف

يؤدي إلى بؤس ومجاعات وثبات في معدلات الأجور، حيث رأى مالتس أن التطور التكنولوجي يمكن أن يؤدي إلى زيادة قصيرة الأجل في عمر الموارد الطبيعية المحدودة؛ معلنًا بذلك رفضه للنظريات المتفائلة حول النمو الاقتصادي التي تبناها بعض الفلاسفة في عصره مثل الفلاسفة الفرنسيين، ومنهم الفيلسوف نيكولاس دي كوندورسيه Nicolas de Condorcet، والذين كانوا يعتقدون أن العقل البشري والتطور التكنولوجي سوف يستطيعون القيام بحل جميع المشكلات والعقبات الاقتصادية التي تواجه النمو الاقتصادي في المستقبل.

كما يرى مالتس أن التنمية طويلة الأجل يمكن أن تحدث حينما يزداد الجنس البشري بمعدلات معقولة خلال فترات الاستقرار الاقتصادي، وترتفع معدلات الأجور فقط، إلا أنه مع ذلك يرى أن الجنس البشري لا يستطيع تحقيق ذلك بسهولة، ومن ثَمَّ فإن النهاية المترتبة على سوء استغلال الموارد الطبيعية الناضبة هي نهاية بائسة حتمية. كما لا يمكن تجاهل أن النموذج المالتسي كان بعيدًا كل البعد عن توضيح أثر المجاعات والفقر والتوترات السياسية والكوارث الطبيعية على النمو السكاني[4].

في حين يرى جون ستيوارت مِلّ وهو أحد الاقتصاديين الكلاسيك الأقل تشاؤمًا من مالتس؛ إذ يرى مِلّ أنه في حين أن الموارد الطبيعية المحدودة أو الناضبة تمثل قيدًا على زيادة الإنتاج في المستقبل، فإن تلك الحدود لم يتم الوصول إليها بعد، ولن تصل إليها أية دولة في العالم خلال الإطار الزمني لأية صناعة من الصناعات القائمة.

وقد أكد ستيوارت مِلّ على أن ارتفاع مستوى المعيشة يلعب دورًا كبيرًا في استمرار النمو الاقتصادي، إلا أنه برغم تفاؤله فإنه كان يرى أنه حينما تستخدم موارد البيئة بشكل كامل - أي يتم استنفادها - في الأغراض الصناعية وغيرها فإن هذا لن يكون عالمًا مثاليًا بأي حال من الأحوال[5].

1-2: المرحلة الثانية: الحركة الأمريكية المحافظة (1890-1920)، ودراسات هوتلينج (1931) وبرانت ومورس(1963):

1-2-1: الحركة الأمريكية المحافظة (1890-1920):

قاد الحركة المحافظة الرئيس الأمريكي تيودور روزفيلت Theodore Roosevelt، ووفقًا لمذهب هذه الحركة فإنهم يرون أن النمو الاقتصادي يحاط بمجموعة من القيود الطبيعية التي ليس من الممكن تجنُّبها حتىٰ مع التقدم التكنولوجي، وأن الإسراع الكبير في استخدام الموارد الطبيعية الناضبة يعد تهديدًا كبيرًا لحقوق الأجيال القادمة. ومن أهم معتقدات تلك الحركة المحافظة أنه كلما كان استخدام الموارد الطبيعية الناضبة يتم بمعدلات أقل، كان أفضل، كما أن التنافس الاقتصادي والاحتكارات تعد من أهم أعداء الاستخدام الحكيم للموارد الطبيعية الناضبة، وأن التحكم والإشراف الحكومي علىٰ استخدام الموارد الطبيعية أمر مرغوب فيه. وربما يعني ذلك أن معظم الأفكار التي تتم مناقشتها هذه الأيام والجدل حول الحفاظ علىٰ البيئة ومواردها الطبيعية والتنمية المستدامة، كلها أمور تمت مناقشتها خلال تلك الفترة.

وقام الاقتصادي هارولد هوتلينج كرد فعل للحركة المحافظة، بنشر دراسته حول «اقتصاديات الموارد الناضبة» في عام 1931. والذي قام فيها ببناء نموذج نظري يتناول فيها كيفية الاستخدام الكفء للموارد الطبيعية الناضبة وتعظيم الإفادة منها علىٰ المدىٰ الطويل، حيث أوضح أنه في اقتصاديات السوق فإن شركات التعدين التي تهدف إلىٰ تعظيم أرباحها سوف تقوم باستخراج الموارد الطبيعية الناضبة حتىٰ تصل إلىٰ المعدل الاجتماعي الأمثل[6].

ويُثار التساؤل حول معدل الاستنزاف الأمثل أيضًا، إذا كنا بصدد تحقيق العدالة بين الأجيال. وتنبع أهمية تحديد سياسة الاستنزاف الأمثل من مدىٰ أهمية المورد الناضب محل الدراسة بوصفه أحد المدخلات في إنتاج السلع

النهائية. بمعنىٰ آخر أن لا يكون هناك سلع نهائية في غياب هذا المورد، ومن جهة أخرىٰ تعد مرونة الإحلال بين المورد الناضب ورأس المال الممكن إعادة إنتاجه معيارًا مهمًّا في تحديد سياسة التُّضوب أو الاستنزاف المثلىٰ[7].

1-2-2: دراسات برانت ومورس 1963:

بعد مرور ثلاثين عامًا من ظهور نظرية الموارد الناضبة لهوتلينج، توافرت المعلومات اللازمة لدراسة التساؤل حول ندرة الموارد الطبيعية بشكل تطبيقي؛ والتي أعدها اثنان من الاقتصاديين الأمريكيين، وهما برانت ومورس في عام 1963، والتي تم خلالها تجميع سلاسل زمنية حول الأسعار والتكاليف للمعادن والزراعة والموارد المتجددة، وذلك بهدف اختبار فرضية زيادة ندرة الموارد الطبيعية.

وكانت النتائج مدهشة إلىٰ حد كبير، حيث أكدت النتائج أنه بالنسبة للزراعة والمعادن فإن الأسعار وتكاليف الإنتاج قد انخفضت أو علىٰ الأقل كانت ثابتة خلال الفترة 1870-1957. ووفقًا لتلك الدراسة يمكن تسويغ هذه النتائج علىٰ أساس أن التقدم التكنولوجي الذي يرفع من كفاءة استغلال الموارد الطبيعية الناضبة قد أسهم في تخفيض تكاليف استخراج المعادن، ومن ثَمَّ أدىٰ إلىٰ زيادة حجم الاحتياطيات الاقتصادية. ومن هنا فإن المؤلفين قد قدما شكوكًا حول نتائج كل من الحركة الأمريكية المحافظة ورؤية مالتس التشاؤمية[8].

1-3: المرحلة الثالثة: تقرير حدود النمو لنادي روما
(Limits to Growth: A Report to The Club of Rome):

بعد مرور ما يقرب من تسع سنوات فقط علىٰ إعلان دراسة برانت ومورس، وفي عام 1972 أعلن نادي روما تقرير «حدود النمو». وقد قدم هذا التقرير نموذجًا جديدًا بغرض التنبؤ بمستقبل التنمية باستخدام خمس متغيرات عالمية وهي؛ السكان، الغذاء، التصنيع، الموارد الناضبة، والتلوث.

وقد كانت التنبؤات التي توصل إليها التقرير شديدة التشاؤم، حيث تنبأ بأن مستقبل معدلات نمو سكان العالم، والإنتاج الغذائي، ودرجة التصنيع سوف تنمو في البداية بشكل أُسي Exponentially، إلا أنها سوف تنهار خلال القرن القادم. وسوف يتحقق هذا الانهيار بسبب وصول الاقتصاد العالمي إلى الحدود الطبيعية له في استخدام الموارد الناضبة، والإنتاج الزراعي، والتلوث المفرط.

وقد تنبأ أيضًا التقرير بنضوب نحو أحد عشر معدنًا قبل نهاية هذا القرن، ومن تلك المعادن:البترول؛ الغاز الطبيعي، النُّحاس، الذهب، الرَّصاص، الفضة، الزنك، والقصدير[9].

ولقد انتهى نادي روما إلى صياغة نظرية جديدة عرفت باسم «نظرية حدود النمو»، وكان أهم مضمون تلك النظرية ما يلي:

1- إذا استمرت اتجاهات النمو الحالية في كل من السكان، وإنتاج الغذاء، والتصنيع، واستنفاد الموارد الطبيعية الناضبة بلا تغيير سوف يؤدي إلى الوصول إلى أقصى حدود للنمو فوق كوكب الأرض في وقت ما خلال مئة عام على الأكثر، حيث يترتب على ذلك تحقق نقص تدريجي في قدرة البيئة على الوفاء باحتياجات التقدم واستيعاب نتائجه، وبالتالي سوف تنهار كل مقومات التقدم، وهو ما عرف باسم مدرسة «يوم القيامة Doom's Day».

2- يمكن تلافي الوصول إلى هذه النتيجة بإيجاد حالة من التوازن البيئي والاستقرار الاقتصادي إذا ما تم البدء على الفور في التخطيط لحالة توازن عالمي في أسرع وقت ممكن.

3- ولكي يتحقق هذا التوازن لا بد من أن يتم استبدال الدول بهدف النمو هدفًا آخر وهو هدف التوازن في استخدام الموارد الطبيعية، وخاصة الناضبة منها، ولن يتأتى ذلك إلا بوضع «حدود للنمو»[10].

1-4: المرحلة الرابعة: ما قبل الاستدامة (Pre-Sustainability)

الدراسات الاقتصادية من 1974 وما بعدها:

بعد مرور عام واحد على نشر تقرير حدود النمو شهدت أسعار البترول ارتفاعًا نحو ثلاثة أضعاف سعره في تلك الفترة، وذلك في فترة قصيرة جدًّا، مما نتج عنه الصدمة البترولية الأولى، وهذا ما دعا بعض العلماء إلى التنبؤ بقرب نضوب البترول والموارد الطبيعية غير المتجددة الأخرى من العالم.

وكان من أهم الدراسات التي تم تقديمها خلال تلك الفترة هي الدراسة التي أعدها كل من الاقتصاديين Partha Dasgupta & Greffrey Heal، حيث طرحا تساؤلًا حول مدى استدامة الاعتماد على الموارد الناضبة.

ووفقًا للتحليل الذي قام به الاقتصاديان؛ فإنه من الممكن الحفاظ على مستوى إيجابي للاستهلاك للأبد، فقط في حالة ما إذا كان يمكن الاستعاضة برأس المال عن الموارد الناضبة بدون أية صعوبات تكنولوجية، ولكن إذا كانت هذه القدرة التعويضية لرأس المال لها حدود معينة، فإن مستقبل استهلاك الفرد سوف يصل إلى الصفر في النهاية. وقد تبنى هذا المنهج العديد من علماء البيئة.

وهناك نتيجة أخرى مهمة لتلك الدراسات وهي أنه حتى في حالة ما إذا كان الاقتصاد لديه القدرة على الحفاظ على مستويات إيجابية للاستهلاك والحفاظ على تنمية مستدامة، فإن نظام السوق ربما يؤدي إلى النتيجة السلبية السابقة نفسها، وهي أن استهلاك الفرد سوف يؤول إلى الصفر في الأجل الطويل، وذلك في حالة ما إذا كان المستهلكون ليس لديهم الرغبة في ادخار نسبة عالية من دخولهم لتحويلها إلى استثمارات إضافية وزيادة في معدلات تراكم رأس المال، أو إذا كان معدل النمو السكاني مرتفعًا جدًّا[11].

وقد أخذت بعض الدراسات اتجاهًا آخر، حيث أدخلت عنصر الموارد المتجددة مثل طاقة الرياح في نماذج للنمو الاقتصادي طويل الأجل. مما أدىٰ إلىٰ تغير في النتائج التشاؤمية السابقة، فالاقتصاد في البداية يستخدم موارده غير المتجددة أو الناضبة، ثم بالتبعية يوجه بعض الاستثمارات لاستغلال التطور التكنولوجي في تخفيض تكاليف استخدام الموارد المتجددة، وخاصة في ما يتعلق بموارد الطاقة [12].

وربما كانت كفاءة الأسواق من أهم العوامل التي تؤدي إلىٰ الادعاء بإمكانية حماية الموارد الطبيعية من النضوب. إلا أن علماء البيئة يرون أن هذا الأمر غير ممكن بالنظر إلىٰ معدلات التلوث، ويرون أن أية سياسة للنمو طويلة الأجل تتطلب تدخلًا حكوميًا في تشكيل الضرائب التي تهدف إلىٰ حماية البيئة من التلوث، وحماية مواردها الطبيعية من الاستنزاف غير الرشيد. [13].

1-5: نماذج النمو الاقتصادي الحديثة:

أوضحت الدراسات أن النظريات التي تتجاهل دور التطور التكنولوجي في التغلب علىٰ مشكلة ندرة الموارد الطبيعية نسبيًا، واقتراب بعضها للنُضوب، قد باءت بالفشل، وعلىٰ الرغم من ذلك يعد إدخال دور التطور التكنولوجي بشكل دقيق في النظريات الاقتصادية أمرًا صعبًا.

ومع نهايات العقد الثامن وبدايات العقد التاسع من القرن العشرين تغيرت نظريات النمو الاقتصادي بصفة عامة، وتحولت إلىٰ ما يسمىٰ نظريات النمو الداخلي (Endogenous Growth Theories)، حيث تم إدخال دور التطور التكنولوجي في النمو الاقتصادي بصفة عامة، واعتمدت في ذلك علىٰ دور الحكومات في الاستثمار في مجالات البحث والتطوير والتعليم العام، واتجاه

المنشآت الاقتصادية لدعم الإبداعات والاختراعات والتي تؤدي بدورها إلى دفع معدلات التطور التكنولوجي.

ولقد أثبتت الدراسات التطبيقية أن نصيب الفرد من الانبعاثات الغازية الملوثة للبيئة، لا بد أن يبدأ في الانخفاض بالمستوى نفسه الذي يرتفع به نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي، وقد حصلت تلك الفرضية على دعم كبير من جانب الاقتصاديين وعلماء البيئة.

وقد أكد الاقتصادي Aristotle، أنه من الممكن الوصول إلى معدلات مقبولة من الدخل باستخدام الوسائل الطبيعية لاكتساب الرزق. كما شدد على أن تكوين التراكم الرأسمالي أمر يحوطه العديد من المشاكل، ومع ازدياد المشاكل البيئية من انجراف وتعرية وتلوث، فقد وجه Aristotle النقد الشديد لنماذج النمو التي لا تأخذ في اعتبارها المشاكل البيئية[14].

الجزء الثاني: أزمة الطاقة في مصر:

تشهد مصر في الآونة الأخيرة مشكلة عامة من حيث نقص موارد الطاقة نظرًا للزيادة المستمرة في معدلات الاستهلاك مع ثبات الإنتاج المحلي من الغاز الطبيعي والبترول أو انخفاضه. وتعد مشكلة الطاقة نتيجة طبيعية لنمط الاستهلاك غير الرشيد لمصادر الطاقة المتاحة والتي تم اتباعها على مدى العقود الماضية، حيث لم تأخذ في الاعتبار حق الأجيال القادمة في موارد البلاد، خصوصًا الغاز الطبيعي، مخالفة بذلك بداية العدالة الاجتماعية، ولم تراع شروط تحقيق التنمية المستدامة.وهو ما دفعها إلى التفكير في إعادة استخدام الفحم الحجري في محطات توليد الكهرباء والذي بدأ استخدامه في العصور الوسطى.

2-1: وضع الطاقة في مصر:

سوف نتناول وضع الطاقة في مصر لبيان حجم العجز الذي تعانيه في مصادرها من الطاقة. حيث يتضح من الشكل التالي أن حجم الإنتاج من الطاقة البترولية يبلغ 115 مليون طن عام 2014/2013، موزعة بنسبة 44٪ إنتاج زيت خام، و56٪ إنتاج غاز طبيعي.

شكل رقم (1)

المصدر: تقرير الهيئة المصرية العامة للبترول.

وبتناول حصة مصر من هذا الإنتاج بعد خصم حصة الشريك الأجنبي[15]، يتضح أنها تبلغ 70,1 مليون طن عام 2014/2013، موزعة بنسبة 48٪ من الزيت الخام، ونسبة 52٪ غاز طبيعي، كما يوضحها الشكل التالي.

شكل رقم (2)

المصدر: تقرير الهيئة المصرية العامة للبترول.

شكل رقم (3)

المصدر: تقرير الهيئة المصرية العامة للبترول.

يتضح من الشكل السابق أن حجم الاستهلاك من الطاقة البترولية بلغ 102,5 مليون طن عام 2014/2013 موزعة بنسبة 47٪ إنتاج زيت خام و53٪ غاز طبيعي. ويتبين بمقارنة حجم الاستهلاك وحصة مصر من الإنتاج أن هناك عجزًا يبلغ 32,5 مليون طن موزعة بنسبة 40٪ إنتاج زيت خام، و60٪ غاز طبيعي، وهو كما يوضحه الشكل التالي.

شكل رقم (4)

المصدر: تقرير الهيئة المصرية العامة للبترول.

2-2: تطور استهلاك الغاز الطبيعي في مصر:

شهد عام 1975 بداية إنتاج الغاز الطبيعي في مصر. وذلك بحقل أبي ماضي في شمال الدلتا. ومنذ ذلك التاريخ فقد بدأ إنتاج الغاز الطبيعي يزداد، وقد أسهمت زيادة احتياطيات الغاز الطبيعي إلى قيام وزارة البترول بتبني إستراتيجية

طموح نحو إحلال الغاز الطبيعي محل المنتجات البترولية في القطاعات الاقتصادية المختلفة، خاصة في قطاع الكهرباء والصناعة والقطاع المنزلي. هذا بالإضافة إلى الاتجاه الرائد لاستخدامه في قطاع النقل ليحل محل كل من البنزين والسولار كوقود للسيارات بأنواعها المختلفة، وليتم الاعتماد عليه بشكل كبير في توليد الكهرباء، حيث يعد الغاز الطبيعي أفضل ما يمكن أن يستخدم من الطاقة البترولية في محطات توليد الكهرباء؛ لكونه أقل تلويثًا للجو من المنتجات البترولية الأخرى مثل السولار والمازوت وتبنت الدولة سياسة لإحلال الغاز الطبيعي.

جدول رقم (1)

تطور استهلاك الغاز الطبيعي مقارنة بالاستهلاك من المنتجات البترولية خلال الفترة (1991/1992-2013/2014)

السنوات	استهلاك الغاز الطبيعي	استهلاك المنتجات البترولية	الإجمالي	نسبة مساهمة الغاز الطبيعي
1992/1991	7858	20349,875	28208	27,86
1993/1992	9121	18983,625	28105	32,45
1994/1993	10121	1878,375	28199	35,9
1995/1994	10734	18971,375	29705	36,14
1996/1995	11200	20718,625	31919	35,1
1997/1996	11470	21314,125	32784	34,99
1998/1997	11685	23896	35581	32,84
1999/1998	12799	24658,75	37458	34,17
2000/1999	15704	24373,375	40077	39,19
2001/2000	19768	23749,875	43518	45,43
2002/2001	22034	22786	44820	49,16
2003/2002	24564	23570,812	48135	51,03
2004/2003	25389	24230	49619	51,2
2005/2004	27594	25553	53147	48,14
2006/2005	27862	28470	56331,64	50,54
2007/2006	28951,4	30991	59942,146	51,7
2008/2007	31233,5	33027,5	64261,01	51,4

السنوات	استهلاك الغاز الطبيعي	استهلاك المنتجات البترولية	الإجمالي	نسبة مساهمة الغاز الطبيعي
2009/2008	33051,4	34690	67741,1	51,21
2010/2009	35177,4،	36663,6	71841	51,03
2011/2010	34695,7	39147,24	73843	53,01
2012/2011	36222,3	41378,64	77601	53,3
2013/2012	37816,1	43737,2	81550,2	53,6
2014/2013	39480	46230,24	85700,44	53,9

المصدر: تقرير الهيئة المصرية العامة للبترول.

ويلحظ من خلال الجدول السابق الأهمية النسبية الكبيرة التي يحتلها الغاز الطبيعي في مصر مقارنة باستهلاك الطاقة البترولية، حيث يمثل استهلاكه نحو 54٪ من إجمالي استهلاك الطاقة البترولية، وذلك في عام 2014/2013 مقارنة بـ 27,86٪ في عام 1992/1991، بمعدل نمو 91,4٪ خلال الفترة (2014/2013-1992/1991).

أما إذا نظرنا إلى الاستهلاك القطاعي من الغاز الطبيعي في مصر، فنجد أن الاستهلاك يتركز حتى الآن في ثلاثة قطاعات رئيسة هي قطاع الكهرباء، وقطاع الصناعة. ويوضح الشكل التالي رقم (5) الاستهلاك القطاعي من الغاز الطبيعي خلال عامي 1992/1991، 2014/2013.

شكل رقم (5/أ)

تطور الاستهلاك القطاعي من الغاز الطبيعي

خلال عامي (2014/2013-1992/1991)

المصدر: تقرير الهيئة المصرية العامة للبترول.

شكل رقم (5/ب)

تطور الاستهلاك القطاعي من الغاز الطبيعي

خلال عامي (2014/2013)

المصدر: تقرير الهيئة المصرية العامة للبترول.

يتضح من الشكل السابق ارتفاع نسبة استهلاك قطاع الكهرباء وقطاع الصناعة من الغاز الطبيعي؛ وذلك نتيجة تطبيق سياسة إحلال الغاز الطبيعي محل المنتجات البترولية في تلك القطاعات والتي أسهمت في تحقيق وفْرة في الكميات المستوردة من السولار والبوتاجاز. وقد احتل قطاع الكهرباء المرتبة الأولى في استهلاك الغاز الطبيعي، حيث بلغت نسبة استهلاكه منه 54٪ في عام 2014/2013، مقارنة بنحو 60٪ عام 1992/1991. وعلى الرغم من التراجع في تلك النسبة إلا أنها ما تزال نسبة كبيرة؛ وذلك لما يتمتع به الغاز الطبيعي من ميزة نسبية عن سائر صور الوقود الأحفوري من حيث كونه أقل تلويثًا للبيئة وتم بمحتوى حراري أعلى نسبيًا، إضافة إلى توافر الكميات والاحتياطيات المناسبة منه للوفاء باحتياجات قطاع الكهرباء للتوليد الحراري للطاقة الكهربائية 1992.

وقد احتل قطاع الصناعة المرتبة الثانية في استهلاك الغاز الطبيعي بين

القطاعات الاقتصادية، حيث بلغت نسبة استهلاكه من الغاز الطبيعي في عام 2014/2013 ما يقرب من 28٪، وهي النسبة ذاتها في عام 1992/1991.

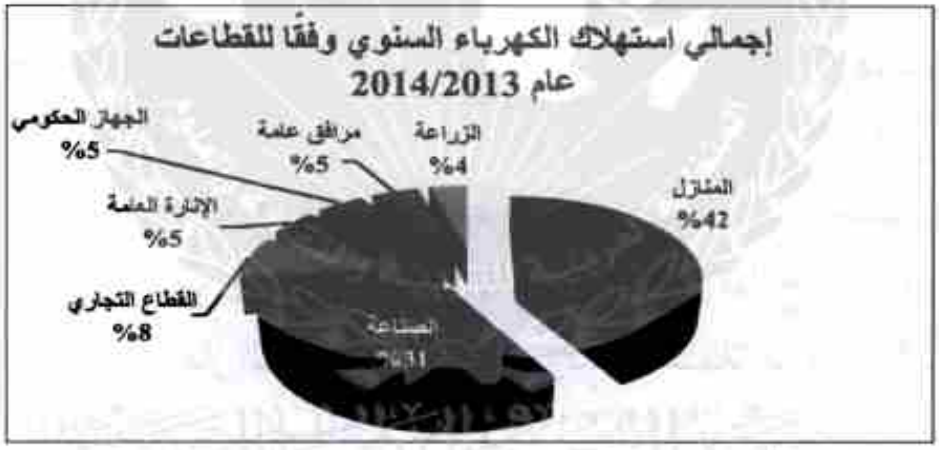
نخلص إلى أن قطاع الكهرباء أكبر مستهلك للغاز الطبيعي، يليه قطاع الصناعة، يليه قطاع البترول.

وإذا تناولنا الاستهلاك القطاعي للكهرباء من خلال الشكل التالي فيمكن أن نلحظ الآتي:

شكل رقم (6)

استهلاك الكهرباء من الغاز الطبيعي

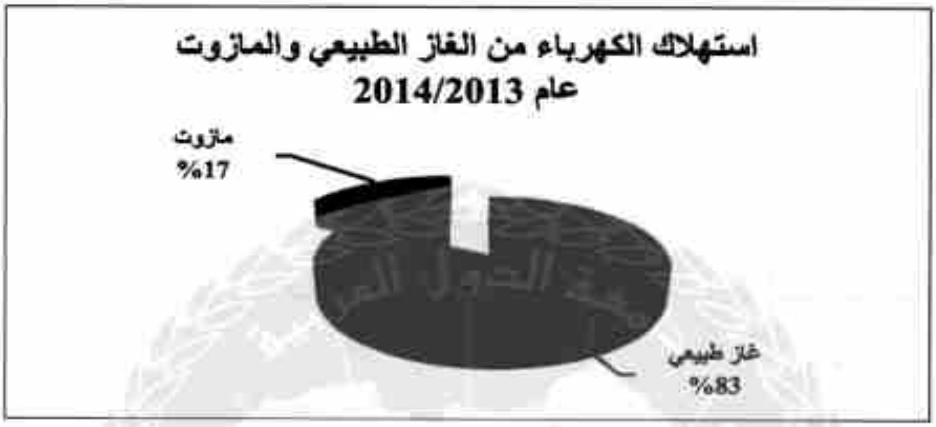
خلال عامي (2014/2013)



المصدر: تقرير الهيئة المصرية العامة للبترول.

نلحظ أن أكبر مستهلك للكهرباء يتمثل في القطاع المنزلي بنسبة 42٪، يليه قطاع الصناعة بنسبة 31٪، يليه القطاع التجاري بنسبة 8٪، وتتساوى المرافق العامة والقطاع الحكومي والإدارة العامة بنسبة 5٪، ويأتي قطاع الزراعة في المرتبة الأخيرة.

شكل رقم (7)
الاستهلاك الكهرباء من الغـاز الطبيعي والمازوت
خلال عامي (2014/2013)



المصدر: تقرير الهيئة المصرية العامة للبترول.

2-3: تقييم الوضع في مصر:

يتضح من العرض السابق لوضع الطاقة في مصر أن الغاز الطبيعي يحتل أهمية نسبية في الاستهلاك الإجمالي للطاقة، وأن قطاع الكهرباء يمثل المستهلك الأول للغاز الطبيعي. فضلًا عن معاناة قطاع الطاقة من عجز في توفير مصادر الطاقة، وقد نجم عن هذا الوضع اتجاه واضعي السياسات لإعادة النظر في مصادر الطاقة المختلفة واتخاذ القرارات لإدخال الفحم في توفير احتياجات المصانع وتوفير احتياجات قطاع الكهرباء من الوقود اللازم لتوليد الكهرباء عوضًا عن الغاز الطبيعي والمازوت والتي قد أدخلته في التوليد بجانب الغاز باعتبار أن الفحم مصدر رخيص للطاقة.

ومما لا شك فيه أن هذا القرار يتعارض مع الاتفاقيات الدولية التي تنص على فرض ضريبة الكربون على الدول المصدِّرة له، وهو ما سنوضحه في الجزء الثالث من البحث.

الجزء الثالث: الفحم واستراتيجية الطاقة:

اتخذت الدولة قرارًا بصدد إعادة استخدام الفحم المعالَج في توليد الكهرباء وفي المصانع، ويهدف الباحث إلى دراسة الآثار البيئية المترتبة على تنفيذ هذا القرار والتكلفة البيئية المتوقع أن يتحملها الاقتصاد المصري، على الرغم من أنه يتم استخدام الفحم على نطاق واسع في أوروبا وأمريكا منذ فترة طويلة؛ نظرًا لتوافره في هذه البلاد، إلا أن ما أظهرته الدراسات العلمية من ارتفاع التكلفة المجتمعية نتيجة الآثار السلبية للفحم قد أدى إلى مراجعة إستراتيجيات الطاقة في هذه البلاد، وزيادة الاعتماد على مصادر الطاقة النظيفة على حساب الفحم.

3-1: تطور الإنتاج العالمي للفحم:

تشير الإحصاءات العالمية التي تصدرها الرابطة العالمية للفحم أن الإنتاج العالمي قد شهد تزايدًا في الفترة (1990-2015).

ويتضح من الجدول التالي رقم (2) زيادة إنتاج الفحم العالمي في عام 2015، حيث بلغ 7686 مليون طن، مقارنة بـ 4699 عام 1990، بمعدل نمو للفترة 1,98٪، وتعد الصين أكبر منتج للفحم، حيث مثَّل إنتاجها 46٪ من الإنتاج العالمي في عام 2015؛ فقد بلغ معدل الإنتاج عام 2015 ما يقرب من 3538 مليون طن مقارنة بـ3243 مليون طن في عام 2014، بمعدل نمو يصل إلى 6,5٪، وبمعدل نمو للفترة (1990-2015) بلغ 5,5٪. يليها الولايات المتحدة الأمريكية، وقد شهد إنتاج الولايات المتحدة الأمريكية تراجعًا؛ إذ مثَّل إنتاجها 820 مليون طن عام 2015، مقارنة بـ 996 مليون طن، بمعدل تراجع بلغ 1,1٪، وبمعدل تراجع للفترة (1990 -2015) بلغ 0,5٪، وقد بلغت نسبة مساهمة الولايات المتحدة في الإنتاج العالمي 11٪ عام 2015 بعد أن كان يمثل 22٪ عام 1998. ويأتي في المرتبة الثالثة الهند حيث إنها أسهمت بما يقرب من 10٪ من الإنتاج العالمي عام 2015، وبلغ إنتاجها 764 مليون

طن عام 2015، مقارنة بـ 668 مليون طن عام 2014، بمعدل نمو بلغ 14,3٪، وبمعدل نمو للفترة (1990 -2015) بلغ 5,22٪.

جدول رقم (2)

إنتاج الفحم والفحم الحجري خلال الفترة (1990-2015) مليون طن

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
العالم	4699	4528	4479	4362	4441	4598	4661	4658	4593	4532	4688	4899	4963	5318	5753	6147	6461	6744	6927	6958	7307	7823	7938	8019	7975	7666
أفريقيا	434	353	314	287	265	252	241	229	212	205	205	206	211	208	211	206	200	205	194	185	184	189	197	191	187	186
%	9	8	7	7	6	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2
أوسيا	215	210	198	199	201	201	202	201	179	171	163	164	162	164	162	160	156	146	144	135	133	139	144	143	137	136
%	5	5	4	5	5	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
روسيا	377	338	324	289	257	250	244	232	220	238	242	251	240	258	260	285	286	290	306	277	300	297	331	328	335	349
%	8	7	7	7	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5
أوكرانيا	159	135	126	109	89	78	58	59	60	63	63	62	62	65	60	61	62	65	65	60	58	70	68	69	54	33
%	3	3	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
أمريكا	934	904	905	858	938	937	965	989	1014	996	972	1023	993	972	1019	1039	1068	1053	1076	988	996	1006	932	904	916	820
%	20	20	20	20	21	20	21	21	22	22	21	21	20	18	18	17	17	16	16	14	14	13	12	11	11	11
آسيا	1040	1041	1073	1112	1203	1339	1379	1336	1296	1264	1377	1459	1557	1840	2155	2417	2586	2802	2905	2996	3243	3608	3678	3749	3651	3538
%	22	23	24	26	27	29	30	29	28	28	29	30	31	35	37	39	40	42	42	43	44	46	46	47	46	46
الهند	225	245	255	262	272	290	308	319	316	324	336	350	364	386	410	437	462	491	525	566	570	582	603	610	668	764
%	4,794	5,411	5,698	6,01	6,12	6,32	6,6	6,85	6,87	7,14	7,16	7,14	7,33	7,27	7,13	7,11	7,15	7,28	7,58	8,14	7,81	7,44	7,59	7,61	8,38	9,94
أستراليا	205	220	228	226	225	242	247	264	287	291	307	329	340	342	350	371	375	391	392	408	424	402	431	459	491	471
%	4,353	4,85	5,098	5,18	5,07	5,26	5,3	5,68	6,26	6,42	6,54	6,72	6,85	6,42	6,09	6,03	5,8	5,8	5,66	5,86	5,81	5,14	5,43	5,72	6,16	6,13
جنوب أوفيا	175	178	174	188	196	206	206	220	223	224	224	224	220	239	243	245	245	248	252	249	255	253	259	256	253	248
%	3,72	3,9355	3,894	4,32	4,41	4,48	4,43	4,72	4,85	4,93	4,78	4,56	4,44	4,49	4,22	3,99	3,79	3,67	3,64	3,59	3,48	3,23	3,26	3,2	3,18	3,22

المصدر: www.worldcoal.org

3-2: تطور الاستهلاك العالمي للفحم:

تشير الإحصاءات العالمية التي تصدرها الرابطة العالمية للفحم إلى أن الاستهلاك العالمي قد شهد تزايدًا في الفترة (1990-2015).

ويتضح من الجدول التالي رقم (3) زيادة استهلاك الفحم العالمي في عام 2015، حيث بلغ 7686 مليون طن، مقارنة بـ 4699 عام 1990، بمعدل نمو 2,05٪ للفترة المذكورة، ومن الملحوظ أن هناك اتجاهًا متزايدًا إلى استخدام الفحم وفقًا لمعايير بيئية محددة كبديل للبترول والغاز الطبيعي، وتعد الصين أكبر مستهلك للفحم، حيث مثّل استهلاكها 48٪ من الاستهلاك العالمي في عام 2015، وقد تراجع حجم الاستهلاك عام 2015 حتى وصل إلى 3732 مليون طن، مقارنة بـ 3876 مليون طن في عام 2014، بمعدل تراجع يصل إلى 3,7٪، وبمعدل نمو للفترة (1990 -2015) يبلغ 6,7٪. يليها الهند حيث تستهلك ما يقرب من 13٪ من الاستهلاك العالمي عام 2015، وبلغ استهلاكها 990 مليون طن عام 2015، مقارنة بـ 914 مليون طن عام 2014، بمعدل نمو بلغ 8,3٪، وبمعدل نمو للفترة (1990 -2015) يبلغ 6,23٪.

ويأتي في المرتبة الثالثة الولايات المتحدة الأمريكية، قد شهد استهلاكها تراجعًا؛ إذ بلغ 820 مليون طن عام 2015، مقارنة بـ 996 مليون طن، بمعدل تراجع بلغ 12,6٪، وبمعدل تراجع للفترة (1990-2015) بلغ 2,5٪، وقد بلغت نسبة مساهمة الولايات المتحدة الأمريكية في الإنتاج العالمي 9٪ عام 2015، بعد أن كان يمثل 21٪ عام 1999.

جدول رقم (3)

الاستهلاك المحلي للفحم والفحم الحجري خلال الفترة (1990-2015) مليون طن

2015-2014 (%change)	2014-2013 (%change)	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995	1994	1993	1992	1991	1990	العالم
0.3	-2.7	7749	7968	8007	7867	7724	7191	7064	7188	7144	6727	6403	5936	5598	5169	4986	4904	4577	4676	4714	4742	4666	4524	4517	4537	4587	4669	
-0.2	-4.3	232	233	245	247	236	232	226	240	254	245	244	253	255	253	249	244	236	248	260	273	274	289	306	328	368	449	ألمانيا
		3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	7	7	8	10	%
0.5	5.4	131	130	137	135	137	134	128	135	137	140	137	140	141	137	141	141	146	152	165	171	168	171	176	174	183	184	بولندا
		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	%
0.7	4.2	207	199	207	232	221	212	203	227	210	219	213	215	223	220	226	232	231	225	234	264	263	259	292	342	366	388	روسيا
		3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	5	5	5	5	5	6	6	6	6	8	8	8	%
-1.8	-17.8	50	61	70	72	71	65	61	71	73	70	65	65	71	65	64	66	66	66	66	68	91	92	117	129	133	150	أوكرانيا
		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	3	3	3	%
1.1	-12.6	730	835	837	807	910	954	904	1018	1021	1009	1018	1006	995	970	962	983	947	944	937	913	872	862	856	826	816	819	أمريكا
		9	10	10	10	12	13	13	14	14	15	16	17	18	19	19	20	21	20	20	19	19	19	19	18	18	18	%
2.8	0.7	3732	3876	3992	3858	3717	3230	3262	3203	3180	2889	2646	2227	1932	1631	1481	1411	1231	1317	1338	1363	1349	1236	1160	1097	1056	1011	الصين
		48	49	50	49	48	45	46	45	45	43	41	38	35	32	30	29	27	28	28	29	29	27	26	24	23	22	%
8.1	8.2	990	914	808	777	715	684	652	581	542	498	466	442	414	403	388	375	361	335	332	319	302	280	265	251	237	218	الهند
		13	11	10	10	9	10	9	8	8	7	7	7	7	8	8	8	8	7	7	7	6	6	6	6	5	5	%
4.7	5.2	190	191	190	179	172	178	166	175	186	179	180	175	170	164	154	151	141	133	138	134	130	125	119	116	116	117	لبنان
		2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	%
1.8	-0.3	118	116	122	132	133	138	144	140	141	140	138	136	130	130	128	128	128	125	115	109	102	99	99	101	98	94	أستراليا
		2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	%
1.6	1.8	179	187	191	187	182	193	187	202	187	181	179	181	171	161	156	157	152	159	156	150	144	136	134	130	131	134	جنوب أفريقيا
		2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	%
1.1	5.5	74	70	64	61	51	51	54	54	62	50	41	36	39	29	28	25	23	18	16	14	12	11	10	10	9	8	إندونيسيا
		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	%

المصدر: www.worldcoal.org

3-3: تطور التجارة الخارجية للفحم:

يوضح الجدول التالي رقم (4) تطور التجارة العالمية للفحم والفحم الحجري وفقًا للإحصاءات العالمية التي تصدرها الرابطة العالمية للفحم، أن التجارة العالمية للفحم قد شهدت تزايدًا في الفترة (1990-2015)، بلغ 9,25٪، على الرغم من تراجع حجم التجارة عام 2015، حيث بلغ 54 مليون طن، مقارنة بـ 57 مليون طن في عام 2014. وتعد أستراليا أكبر مصدر للفحم، حيث تزايدت صادرات أستراليا من 104 مليون طن عام 1990، لتصل إلى 376,1 مليون طن عام 2015، بمعدل نمو بلغ 5,2٪ للفترة (1990-2015). يليها إندونيسيا، حيث بلغت صادراتها 318,4 مليون طن عام 2015، مقارنة بـ3,9 مليون طن عام 2014، بمعدل نمو بلغ 19,3٪، للفترة (1990-2015)، وجاء في المرتبة الثالثة روسيا، حيث شهدت صادراتها تزايدًا بلغ 133,7 مليون طن عام 2015، مقارنة بـ 4,5 مليون طن عام 1990، بمعدل نمو للفترة (1990-2015) بلغ 14,6٪. وقد تراجعت صادرات الولايات المتحدة الأمريكية بمعدل 1,92٪ للفترة (1990-2015)، كما تراجعت صادرات بولندا للفترة ذاتها بمعدل 5,3٪.

وتأتي الهند في الترتيب الأول للدول المستوردة للفحم، حيث شهدت وارداتها تزايدًا خلال الفترة (1990-2015)، بمعدل نمو بلغ 15,5٪، حيث تزايدت وارداتها من 6,1 مليون طن عام 1990 لتبلغ 223,1 مليون طن عام 2015. يليها في الترتيب الصين، حيث تزايدت وارداتها بمعدل 210,4٪ للفترة (1990 -2015)، حيث تزايدت من 16,6 مليون طن عام 2014 لتبلغ 196,7 مليون طن عام 2015. وتأتي اليابان في الترتيب الثالث، حيث تزايدت من 106,2 مليون طن عام 1990، لتبلغ 196,3 مليون طن عام 2015.

جدول رقم (4)

الميزان التجاري للفحم والفحم الحجري خلال الفترة (1990-2015) مليون طن

الدولة	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
ألمانيا	5.9	13.1	17.2	15.9	17.0	17.2	20.2	24.3	27.9	28.1	34.9	41.6	38.5	39.1	43.0	39.9	48.8	49.8	48.1	39.7	48.8	50.2	50.2	55.8	57.4	54.0
إيطاليا	20.5	20.3	17.9	14.5	16.0	19.1	16.8	15.7	17.0	17.4	19.4	20.0	19.8	22.0	25.5	24.8	25.1	25.2	25.1	19.2	21.8	23.2	24.2	20.8	20.8	19.9
أوزبكستان	14.6	12.7	12.0	12.2	13.7	13.6	13.2	15.6	13.1	11.5	13.0	13.7	13.1	14.5	13.4	13.2	12.7	14.3	13.8	15.2	14.8	12.1	10.9	14.7	15.9	13.5
بولندا	-31.4	-27.2	-26.0	-25.6	-30.5	-34.0	-39.2	-39.5	-27.2	-24.6	-25.5	-25.1	-24.1	-22.9	-22.8	-20.8	-18.0	-12.5	-4.4	-2.7	-3.1	1.2	-3.5	-7.1	-5.5	-8.0
إسبانيا	10.9	13.1	14.3	12.8	12.0	14.7	12.5	11.3	14.2	19.8	21.0	18.4	24.1	21.0	23.7	24.3	22.8	22.5	18.7	15.6	11.2	14.8	20.2	13.0	15.2	19.4
السويد	4.1	3.7	3.6	3.6	4.0	4.2	3.8	4.0	3.7	3.4	3.6	3.7	3.7	4.0	4.0	3.9	3.5	3.8	3.5	2.2	3.9	3.6	2.7	2.8	3.0	2.9
المملكة المتحدة	12.5	17.9	19.7	17.7	14.0	15.4	17.3	19.2	20.8	19.7	22.8	34.8	28.0	32.1	36.4	44.2	50.9	43.6	43.8	37.5	25.4	31.6	44.0	49.5	41.0	24.8
روسيا	-4.5	6.5	-3.7	0.7	2.6	-6.6	-7.7	-5.0	-5.1	-15.4	-14.3	-16.7	-26.6	-33.9	-50.2	-66.6	-67.6	-77.9	-69.7	-83.9	-109.4	-94.6	-103.3	-113.8	-132.9	-133.7
أوكرانيا	-11.6	-0.4	4.4	5.6	3.4	13.6	10.4	6.3	6.3	2.8	3.2	1.8	2.5	6.0	3.5	3.7	7.1	11.0	8.2	1.5	4.4	3.5	6.5	4.4	8.9	13.0
أوزبكستان	2.5	2.5	1.2	0.5	0.6	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.5	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
كندا	-16.7	-21.3	-15.0	-19.7	-22.3	-23.8	-21.9	-21.7	-15.2	-13.4	-8.5	-5.5	-4.7	-5.7	-6.5	-6.6	-6.2	-11.7	-10.3	-15.5	-20.3	-23.2	-25.1	-30.3	-25.8	-23.7
أمريكا	-93.4	-95.5	-88.6	-60.3	-57.0	-72.8	-75.6	-66.9	-62.0	-42.7	-39.3	-23.4	-17.5	-14.4	-13.8	-16.1	-9.9	-19.8	-41.4	-33.9	-56.8	-85.0	-105.6	-99.3	-78.9	-57.6
البرازيل	10.7	11.8	11.4	12.1	12.8	13.6	14.6	14.6	14.6	13.9	14.8	14.6	15.1	16.1	16.1	15.4	14.9	16.4	17.2	13.1	17.7	20.1	18.1	19.9	22.2	23.0
شيلي	1.7	1.5	0.9	1.1	2.0	2.2	3.7	4.7	4.7	5.1	4.4	2.9	2.9	3.1	4.4	4.0	5.0	6.7	7.2	6.3	6.9	9.7	10.4	9.1	7.9	8.8
كولومبيا	-13.6	-16.5	-14.8	-17.7	-18.5	-18.4	-24.9	-27.7	-30.2	-30.1	-35.6	-39.1	-36.7	-45.8	-51.2	-53.6	-62.0	-64.6	-67.8	-67.6	-69.8	-80.8	-85.1	-82.3	-82.5	-80.5
المكسيك	0.3	0.1	0.8	0.8	0.9	1.3	1.3	1.8	1.8	2.7	3.1	3.8	6.3	7.7	4.6	7.6	7.9	5.7	4.9	6.2	8.1	7.9	7.6	7.9	7.8	8.5
فينزويلا	-1.5	-2.2	-2.3	-3.8	-4.1	-4.2	-3.6	-5.1	-5.9	-6.8	-7.9	-7.6	-7.3	-6.7	-6.7	-7.1	-6.7	-6.4	-4.7	-3.0	-2.5	-1.8	-0.9	-0.7	-2.0	-2.0
الصين	-16.6	-19.7	-23.1	-21.0	-27.0	-35.8	-41.0	-43.8	-42.2	-45.7	-67.8	-101.0	-85.8	-96.9	-82.0	-58.0	-39.4	-16.8	-17.0	104.5	159.8	197.3	276.0	312.9	283.4	196.7
الهند	6.1	5.8	6.6	7.4	10.5	13.0	13.9	18.2	15.9	21.0	22.1	20.9	24.0	21.8	30.3	39.1	46.1	52.3	64.1	95.9	120.7	135.5	163.6	190.6	233.1	223.1
إندونيسيا	-3.9	-7.2	-15.4	-16.8	-20.2	-31.3	-36.4	-41.7	-47.6	-55.8	-56.7	-66.3	-73.0	-87.9	-105.0	-128.5	-183.1	-194.8	-199.8	-233.4	-267.1	-356.2	-387.3	-427.8	-406.2	-318.4
اليابان	106.2	110.3	108.3	109.5	118.4	124.4	128.0	134.8	127.3	137.3	150.7	154.4	161.8	168.2	184.6	178.7	179.4	188.4	186.0	164.0	187.0	175.3	183.3	196.6	194.0	196.3
أستراليا	-104.0	-121.1	-127.0	-132.4	-131.8	-137.1	-141.3	-157.9	-167.0	-171.9	-187.0	-192.2	-204.5	-209.0	-219.6	-232.3	-232.4	-244.3	-252.2	-261.7	-292.6	-284.5	-302.1	-336.8	-375.7	-376.1
مصر	1.2	1.2	1.1	1.5	1.6	1.1	1.5	1.2	1.2	1.1	1.3	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0	0.7	0.7	0.6	0.6	1.7	1.7
جنوب أفريقيا	-49.9	-47.4	-52.1	-51.7	-54.8	-59.3	-59.8	-63.8	-60.1	-65.4	-68.8	-68.1	-67.6	-69.9	-66.3	-69.6	-66.9	-65.2	-55.5	-50.0	-65.1	-66.4	-73.4	-73.7	-75.1	-76.9

المصدر: www.worldcoal.org

3-4: استخدام الفحم في توليد الكهرباء:

إن انخفاض أسعار الفحم مقارنة بأسعار بدائل الطاقة الأخرىٰ أسهم في جعل الفحم المصدر الرئيس لتوليد الكهرباء علىٰ مستوىٰ العالم، حيث يسهم الفحم في إنتاج 42٪ من الكهرباء المولدة علىٰ مستوىٰ العالم، وفي الوقت ذاته يسهم بأكثر من 28٪ من انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون[16]. ومما يزيد من الأهمية النسبية للفحم، وفقًا لهذه الإحصاءات، أنه يوفر ما يقرب من 30٪ من احتياجات الطاقة علىٰ مستوىٰ العالم. ولا يتوقف استخدام الفحم في توليد الطاقة الكهربائية فقط، وإنما تعتمد عليه كثير من الصناعات خاصة تلك التي تعد كثيفة لاستهلاك الطاقة مثل صناعات الحديد والأسمنت علىٰ سبيل المثال.

وتعمل مؤسسات الطاقة الدولية علىٰ تشجيع ابتكار تكنولوجيات جديدة تقلل من نسبة الانبعاثات الملوِّثة للبيئة الناتجة عن حرق الفحم أو استخدامه في الصناعة. وتظهر دراسة أنه أصبح من الممكن تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وغيره من الملوثات الناتجة عن احتراق الفحم إلىٰ ما يعادل 40٪ فقط مما هي عليه والتي تصدر عن وحدات الاحتراق القديمة العاملة في الاحتراق الموجودة حاليًا[17].

إلا أنه علىٰ الرغم من الاستثمار في تشجيع التكنولوجيات الجديدة يثار في هذا الخصوص العديد من علامات الاستفهام بسبب إقدام بعض الدول علىٰ إغلاق بعض محطات القوىٰ القديمة المشتغلة بالفحم، وذلك في ضوء الاعتبارات البيئية.

3-4-1: الآثار البيئية والصحية لظاهرة الاحتباس الحراري لاستخدام الفحم:

كثيرًا ما يتم تداول مفهومي التغير المناخي والاحتباس الحراري في العالم والأضرار الناتجة من هذه الظواهر. ولكن يجب التمييز بين مفهومي الظاهرتين، رغم ارتباطهما في بعض الأحيان.

يقصد بالتغير المناخي[18] التغير في المناخ بطريقة متفاوتة بحسب المناطق على الكرة الأرضية ويكون لمتوسط عدد من السنوات، حيث إنه يتضمن أكثر من مجرد الارتفاع في معدل درجة الحرارة على سطح الأرض؛ إذ يشمل هذا المفهوم عوامل متنوعة لها علاقة بالمناطق المختلفة على سطح الأرض، منها تغير معدل الحرارة في المناطق، وكذلك التغير في نمط الحرارة ما بين فترتي النهار والليل وكذلك خلال فصول العام. كما أن هذا المفهوم يشمل التغير في معدل الرطوبة وكميات الأمطار، وكذلك التغير في معدل قوة أشعة الشمس ومستوى الغيوم والضغط الجوي والرياح، وفي نوعية العواصف ومعدل حصولها خلال السنة، وفي الفصول. ويرجع التغيير المناخي إلى عوامل عديدة، منها عوامل تكوينية، والتي تغير من شكل الأرض محدثة بذلك القارات، ومن هذه العوامل أيضًا الانبعاث الشمسي والتغيرات في مدار الكرة الأرضية، والحركات البركانية، ولا نتجاهل بالتأكيد تأثير العنصر البشري.

ودلالات التغير المناخي كثيرة نستخلصها من دراسة جيولوجيا الطبقات الجليدية، والغطاء النباتي، وعمر الأشجار، ورحيق النبات، وأنواع الحشرات وأخيرًا مراقبة مستوى البحار. وبما أن النظام المناخي على الكرة الأرضية واسع جدًّا، فإن التغيرات في المناخ تظهر ببطء شديد. وقد أجمع العلماء على أن السبب الرئيس للتغيرات المناخية السريعة في العقود الماضية ترجع إلى العنصر البشري.

أما الاحتباس الحراري[19] فهو ازدياد معدل درجة الحرارة على الكرة الأرضية، وتأثير ذلك على الغلاف الجوي، والتوقع باستمرارية هذه الزيادة. وترجع هذه الزيادة إلى العديد من العوامل الطبيعية كالانبعاث الشمسي والنشاط البركاني، ولكن النشاط الإنساني المتمثل في استخدام الطاقة الأحفورية يعد السبب الرئيس لازدياد درجة الحرارة على سطح الأرض من جراء تكثيف

الغازات الدفيئة، والتي زادت في قابلية الغلاف الجوي على احتباس الحرارة على الكرة الأرضية.

ومن أهم النتائج المترتبة من جراء الاحتباس الحراري، تتمثل في الذوبان الجليدي، ويعد هذا أمرًا شديد الخطورة؛ لأن من النتائج السلبية لذلك ارتفاع مستوى البحار، ويترتب على هذه الظاهرة تعرض بعض المناطق لعواصف شديدة مع احتمال اختفاء عدد من الجزر في العالم. كما أن الاحتباس الحراري يؤدي إلى موجات متقلبة في الطقس، من عواصف مدمرة وجفاف وفيضانات وموجات حر كثيفة. ونتيجة لذلك، فإن أكثر القطاعات الاقتصادية تأثرًا هو القطاع الزراعي؛ لأنه الأكثر تأثرًا بأحوال الطقس وعدم توافر المياه اللازمة للري، كما قد يترتب على ارتفاع درجات الحرارة تكاثر الحشرات. وهو ما يسهم في تفشي الأمراض مثل الملاريا، وبالطبع سيحدث انقراضًا في بعض الكائنات الحية من حيوانات وحشرات؛ وذلك لعدم قدرتها على التكيف مع أحوال الطقس المتقلبة. وتجرى المناقشات لإيجاد السبل الكفيلة للحد من الاحتباس الحراري، من خلال وضع مجموعة من المعايير والضوابط البيئية التي تهدف إلى الإقلال من الانبعاثات وآثارها وليس منعها. وتعتمد كمية الانبعاثات على ما تسمح به المعايير وكذا درجة الالتزام بتنفيذ هذه المعايير، والذي يعتمد بدرجة كبيرة على درجة تقدم المجتمع من الناحية الاقتصادية والسياسية وكذا النظم والقوانين والتشريعات السائدة ومستوى التعليم والثقافة والوعي بالحقوق والواجبات. وهذا يفسر التحسن الكبير في نوعية البيئة في الدول المتقدمة، وهي تستخدم الفحم، في مقابل تدهور نوعية البيئة في مصر، وهي تستخدم الغاز الطبيعي.

ويعد الفحم من أكثر مصادر الوقود من حيث تأثيراته السلبية على البيئة والصحة، فبالإضافة إلى انبعاثات غازات الاحتباس الحراري وتأثيرها السلبي على التغيرات المناخية. فإن استخدام الفحم يؤدي إلى انبعاث بعض الملوثات الخطيرة

مثل الجسيمات الدقيقة ($PM_{2.5}$) والزئبق والديوكسين التي تنتشر على مسافات قد تزيد على 1000 كيلومتر، وما لذلك من مخاطر صحية، ليس فقط في المنطقة المحيطة لمحطات توليد الكهرباء بالفحم أو المصانع المدارة بالفحم، ولكن أيضًا في المناطق البعيدة، وتوضح نتائج قياس الانبعاثات في دول الاتحاد الأوروبي أن متوسط كمية الانبعاثات من أكاسيد الكبريت تزيد عشرات الأضعاف مقارنة بالغاز الطبيعي، بينما تزيد انبعاثات الرَّصاص بأكثر من عشرة آلاف ضعف[20].

وقد بدأت أمريكا في الاتجاه نحو التخلص من محطات الكهرباء التي تعمل بالفحم والتي تمثل أكثر من 50٪ من مصادر الكهرباء لديها، من خلال وضع معايير صارمة سوف تؤدي إلى الاستغناء عن الفحم نهائيًا قبل عام 2040[21].

وفي ألمانيا تم إقرار إستراتيجية جديدة للطاقة يتم من خلالها الاستغناء عن الوقود الأحفوري والطاقة النووية[22].

وفي أوروبا تم وضع معايير خاصة بالصناعات الكثيفة الاستهلاك للطاقة للحد من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، حيث يعد الفحم من أكبر مصادر هذه الانبعاثات.

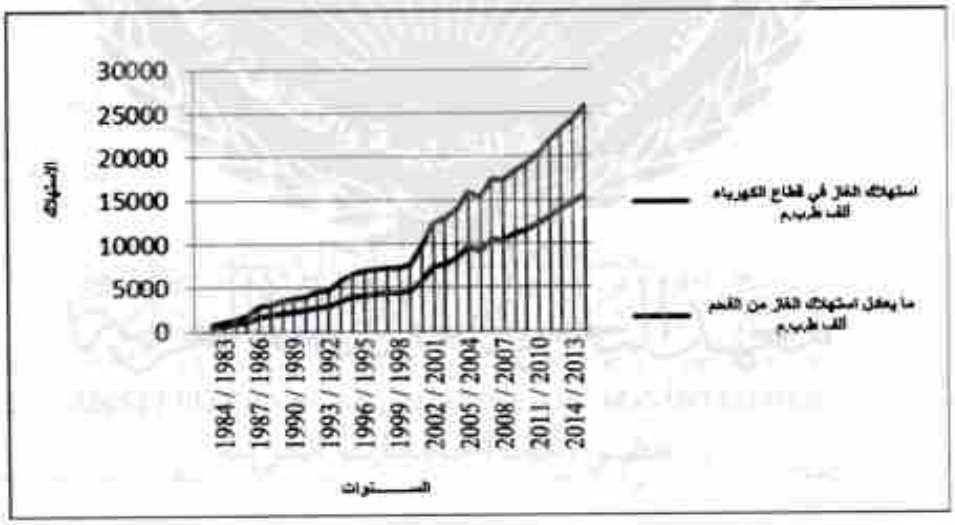
تشير الدراسات العلمية إلى أن التكلفة المجتمعية للفحم تتراوح بين ضعف إلى عشرة أضعاف سعره الأصلي[23]، فإذا تم وضع ذلك في الاعتبار عند التقييم الاقتصادي لمصادر الطاقة، فلن يكون الفحم هو الوقود الأرخص. كما تحذر بعض الدراسات الاقتصادية من مخاطر الاستثمار في مجال الفحم؛ نظرًا للارتفاع في تكلفة الإنشاء لمحطات توليد الكهرباء بالفحم للسيطرة على الكربون، فضلًا عن الارتفاع المتوقع في أسعار الفحم المعالج نتيجة زيادة الطلب عليه، وفي الوقت ذاته تراجع أسعار الغاز الطبيعي واتجاه تكلفة إنتاج الطاقة النظيفة مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح للانخفاض المستمر[24].

3-4-2: تقدير الانبعاثات الناتجة من استخدام الفحم مقارنة بالغاز الطبيعي في محطات توليد الكهرباء بالتطبيق على مصر:

في صدد اتجاه الدولة لعلاج مشكلة الطاقة في مصر اتخذت الحكومة المصرية قرارًا بشأن إحلال الفحم محل الغاز الطبيعي في محطات توليد الكهرباء. والشكل رقم (8) يوضح الكميات المستهلكة في قطاع الكهرباء من الغاز الطبيعي خلال الفترة (2014/2013 - 1982/1981) والكميات المفترض استهلاكها من الفحم في حالة إحلاله محل الغاز الطبيعي. ويتضح منه أن الكميات المستهلكة من الفحم في قطاع الكهرباء ستكون أقل من الغاز الطبيعي لتوليد الحجم نفسه من الكهرباء.

شكل رقم (8)

الكميات المستهلكة في قطاع الكهرباء من الغاز الطبيعي وما يعادله من الفحم خلال الفترة (2014/2013 - 1982/1981)



المصدر: تقدير الباحث بالاعتماد على بيانات الهيئة العامة للبترول.

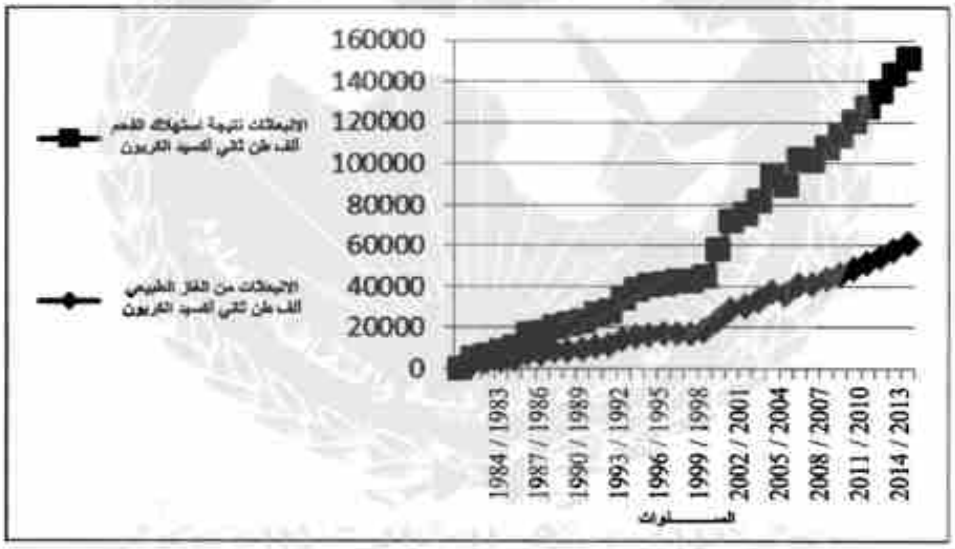
ولتقدير الآثار البيئية المترتبة على قرار الإحلال اعتمد الباحث على تحويل الكميات المستهلكة من الغاز الطبيعي في قطاع الكهرباء وتحويل هذه الكميات إلى ما يعادلها من فحم وفقًا للمحتوى الحراري للفحم، وقد تم تقدير الانبعاثات

التي تولدها محطات توليد الكهرباء في حالتي استخدام الغاز الطبيعي وإحلال الفحم محله.

ومن خلال الشكل التالي رقم (9) الذي يوضح مقارنة حجم الانبعاثات من ثاني أكسيد الكربون في حالتي استخدام الغاز الطبيعي والفحم في محطات توليد الكهرباء

شكل رقم (9)

مقارنة تطور الانبعاثات المتولدة في قطاع الكهرباء من استهلاك الغاز الطبيعي وما يعادله من فحم خلال الفترة (1982/1981 - 2014/2013)



المصدر: إعداد الباحث.

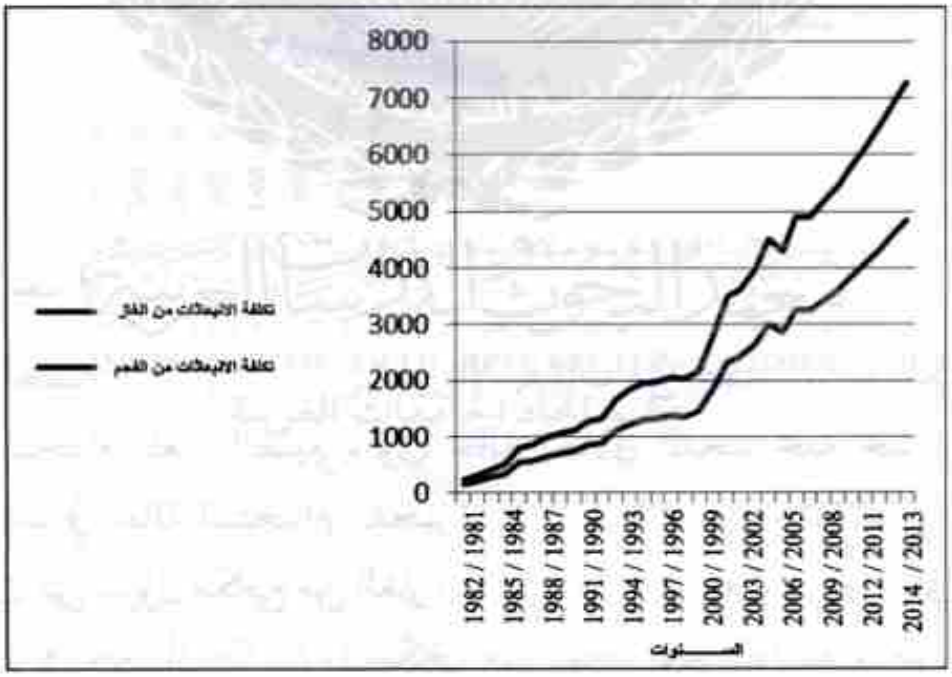
ويلحظ من الشكل السابق تطور الانبعاثات من محطات توليد الكهرباء في حالة استخدام الغاز الطبيعي، وفي حالة إحلال الفحم محله نجد أن حجم الانبعاثات في حالة استخدام الفحم تفوق الانبعاثات في حالة الغاز الطبيعي، حيث إن طن بترول مكافئ من الغاز الطبيعي يولد 2,6115 طن من ثاني أكسيد الكربون، في حين أن طن بترول مكافئ من الفحم يولد 3,91725 طن من ثاني أكسيد الكربون.

3-4-3: تقـدير التكلفة المجتمعية لإحلال الفحم محـل الغـاز الطبيعي في قطاع الكهرباء:

في ضوء الجزء السابق والذي تم فيه تقدير حجم الانبعاثات من ثاني أكسيد الكربون الناتجة من محطات توليد الكهرباء في حالة استخدام الفحم بدلًا من الغاز الطبيعي قام الباحث بالاعتماد على تكلفة التأثيرات البيئية المقدرة من وزارة البترول والتي تصل إلى 80 دولارًا سنويًا لكل طن[25] بتقدير تكلفة التأثيرات البيئية الناتجة عن قطاع الكهرباء في حالتي استخدام الغاز الطبيعي، وفي حالة إحلال الفحم محل الغاز، وهو ما يوضحه الشكل التالي رقم (10) خلال الفترة (2014/2013 - 1982/1981)

شكل رقم (10)

مقارنة تطور تكلفة الانبعاثات المتولدة في قطاع الكهرباء من استهلاك الغاز الطبيعي وما يعادله من فحم خلال الفترة (2014/2013 - 1982/1981)



المصدر: إعداد الباحث.

ويلحظ من خلال الشكل السابق أن التكلفة المجتمعية لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون التي سيتحملها الاقتصاد المصري نتيجة إحلال الفحم محل الغاز الطبيعي في محطات توليد الكهرباء ستكون أعلى مقارنة بالغاز الطبيعي، وهو ما يضر بالاقتصاد المصري.حيث تزايدت تكلفة التأثيرات البيئية للانبعاثات من ثاني أكسيد الكربون نتيجة لإحلال الفحم محل الغاز الطبيعي في محطات توليد الطاقة الكهربائية من ما يقرب من 74مليون دولار عام 1982/1981 إلى 2426,4 مليون دولار عام 2014/2013، بمعدل نمو يبلغ 11,5٪.

ولتقدير الانبعاثات من ثاني أكسيد الكربون لمحطة كهرباء بقدرة 3000 ميجاوات قام الباحث بتقدير استهلاك المحطة من الغاز [26]، والذي قدر بنحو 257,957 طن بترول مكافئ من الغاز الطبيعي مولدة انبعاثات من ثاني أكسيد الكربون يقدر بـ 606 أطنان تكلفتها البيئية 48,480 ألف دولار. وإذا تم معادلة كمية الغاز الطبيعي بالفحم نجد أن محطة بهذه القدرة تستهلك بما يعادل 156 طن بترول مكافئ مولدة انبعاثات تقدر بـ 910 أطنان من ثاني أكسيد الكربون بتكلفة بيئية تقدر 73 ألف دولار، محققة زيادة في الانبعاثات تقدر بـ303 أطنان من ثاني أكسيد الكربون، محققة زيادة في التكلفة مقارنة بالغاز الطبيعي تقدر بـ 24 ألف دولار.

إن الاتجاه في رسم إستراتيجية الطاقة في مصر نحو إحلال الفحم محل الغاز الطبيعي لن يضر مصر فقط من الناحية البيئية والصحية فقط، وإنما يضر بموقف مصر التفاوضي في اتفاقية التغيرات المناخية، كما يعرض مصر لمخاطر عدم الاستجابة لمطالبها بالتعويضات التي تستحقها؛ لأن مصر من الدول الأكثر تعرضًا للأضرار نتيجة التغيرات المناخية، حيث تبلغ الخسائر بسبب الأضرار في منطقة الدلتا فقط نحو 100-500 مليار جنيه سنويًا [27].

*

التوصيات: رؤية لسياسات وإستراتيجية الطاقة:

يرى الباحث في ما يتعلق بسياسة الطاقة في مصر، أنه لا بد من تحقيق الآتي:

1- إعادة النظر في قرار استخدام الفحم في محطات توليد الكهرباء؛ لما له من آثار بيئية سيئة، خاصة أن كثيرًا من الدول المتقدمة في صدد التوقف عن استخدامه على الرغم من الدراسات التي تشير إلى إمكانية خفض الانبعاثات من محطات توليد الكهرباء بالفحم، وهو ما يتنافى مع مبادئ التنمية المستدامة.

2- ترشيد كفاءة استهلاك الطاقة وتحسينها في القطاعات والأنشطة كافة، وأهمها قطاع الصناعة والمنازل والمباني الحكومية والتجارية.

3- ولتحقيق الكفاءة في استهلاك الطاقة يتعين إعادة النظر في سياسات التسعير بما يتفق ونظرية الموارد الناضبة والظروف الاجتماعية للشعب المصري.

4- الإسراع بتطبيق الاستخدامات السلمية للطاقة النووية في مجال توليد الطاقة الكهربائية.

5- تنمية مصادر الطاقة المتجددة، ودعم الاستثمارات في هذه المجالات.

6- إعداد الدراسات اللازمة للإفادة من الوقود الحيوي المولد من نباتات غير غذائية.

7- إن استخدام الفحم يؤدي إلى زيادة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون مقارنة بالغاز الطبيعي، وهذا يتعارض مع سياسات الدولة المعلنة وهي التنمية الاقتصادية الأقل اعتمادًا على الكربون واستخدام تكنولوجيات الإنتاج الأنظف.

*

الهـوامش

(1) Iea, Power Generation from Coal-Measuring and Reportin Efficiency Performance and Co2 Emission, 2010. P.15.

(2) Olli Tahvonen, Economic Sustainability and Scarcity of Natural Resources: A Brief Historical Review, (Resources for the Future), Washington, D.C20036, June 2000. P. 4. (www.rff.org).

(3) مجلة البترول والتعاون العربي، 2000.

(4) H.S.D.Cole, Christopher Freeman, Marie Jahoda, and K.L.R.Pavitt, Models of Doom, A Critique of the Limits to Growth, Universe Book, New York, United Stats of America, 1973. P. 159-161.

(5) Olli Tahvonen, P. 2. Ibid.

(6) Olli Tahvonen, P. 2-3. Ibid.

(7) Partha Dasgupta & Geoffrey Heal, "The optimal depletion of exhaustible resources", The Review of Economic Studies, Vol.41, Symposium on the Economics of Exhaustible Resources(1974). P. 25-26. www.jstor.org/sici.

(8) Olli Tahvonen, P. 2-3, Ibid.

(9) Olli Tahvonen, P. 3-4. Ibid.

(10) Tom Tietenberg & Harper Collins, "Environmental and Natural Resource Economics" (Third Edition), www.dieoff.org/page25.htm.

(11) Olli Tahvonen, P. 5. Ibid.

(12) P.S. Dasgupta & G.M. Heal "Economic Theory and Exhaustibl Resources", James Nisbet & Co. LTD. Cambridge University Press, 1979.

(13) الحلقي، عبد الجبار عبود، نحو سعر عادل لبرميل البترول الخام، مجلة أخبار البترول والصناعة، العدد 385، أكتوبر 2002، الإمارات العربية المتحدة، ص23-25.

(14) Olli Tahvonen, P. 9-11. Ibid.

(15) أبو بكر، تامر، مستقبل الطاقة في مصر، اتحاد الصناعات المصرية، مايو 2014، ص 6.

(16) Iea, P.13. Ibid.

(17) World Coal Association, "Explaining high efficiency low emission coal" 29 April 2016.

(18) www.ecy.wa.gov.climatechange

(19) United Nation Frame Work Convention on Climate Change, 1992. P.3.

(20) EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2013, Technical guidance to prepare national emission inventories, EEA Technical report, No 12/201.

(21) The energy collective, "Impacts of Shutting Down All US Coal Power-Part-I & II", John Miller, 2013.

(22) مطبوعات الحكومة الألمانية عن إستراتيجية الطاقة في ألمانيا 2013.

(23) Epstein et. al, "Full cost accounting for the life cycle of coal", Annals Of The New York Academy Of Sciences, 2012. P.73-98

(24) White Paper Update,"Financial Risks of Investments in Coal", Leslie Lowe, Amy Galland, October 2012. P.2.

(25) جهاز تخطيط الطاقة 2001/2000، ص44.

(26) المرجع نفسه.

(27) وزارة البيئة، أزمة الطاقة وتحديات التنمية المستدامة، 2014، نقلًا عن «التأثيرات المحتملة لتغير المناخ على الاقتصاد المصري»، تقرير أعده البرنامج الإنمائي للأمم المتحدة بالقاهرة بالمشاركة مع وزارات الزراعة – الري والموارد المائية – شؤون البيئة، ص4.

*

معهد البحوث والدراسات العربية

المصادر والمراجع

أولًا- باللغة العربية:

- أبو بكر، تامر، مستقبل الطاقة في مصر، اتحاد الصناعات المصرية، مايو 2014.
- جهاز تخطيط الطاقة 2001/2000.
- الحلفي، عبد الجبار عبود، نحو سعر عادل لبرميل البترول الخام، مجلة أخبار البترول والصناعة، العدد (385)، أكتوبر 2002، الإمارات العربية المتحدة.
- مجلة البترول والتعاون العربي، 2000.
- مطبوعات الحكومة الألمانية عن إستراتيجية الطاقة في ألمانيا 2013.
- وزارة البيئة، أزمة الطاقة وتحديات التنمية المستدامة، 2014، نقلًا عن «التأثيرات المحتملة لتغير المناخ على الاقتصاد المصري» تقرير أعده البرنامج الإنمائي للأمم المتحدة بالقاهرة بالمشاركة مع وزارات الزراعة - الري والموارد المائية - شؤون البيئة.

ثانيًا- باللغة الأجنبية:

- EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2013, Technical guidance to prepare national emission inventories, EEA Technical report, No 12/201.
- Epstein et. al, "Full cost accounting for the life cycle of coal", Annals Of The New York Academy Of Sciences, 2012.
- H.S.D. Cole, Christopher Freeman, Marie Jahoda, and K.L.R. Pavitt, Models of Doom, A Critique of the Limits to Growth, Universe Book, New York, United Stats of America, 1973.
- Iea, Power Generation from Coal- Measuring and Reportin Efficiency Performance and Co2 Emission, 2010.
- Olli Tahvonen, Economic Sustainability and Scarcity of Natural Resources: A Brief Historical Review, (Resources for the Future), Washington, D.C20036, June 2000. (www.rff.org).
- Partha Dasgupta & Geoffrey Heal, The optimal depletion of exhaustible resources, The Review of Economic Studies, Vol. 41, Symposium on the Economics of Exhaustible Resources (1974). www.jstor.org/sici.
- P.S. Dasgupta & G.M. Heal "Economic Theory and Exhaustibl Resources", James Nisbet & Co. LTD, Cambridge University Press, 1979.
- The energy collective, "Impacts of Shutting Down All US Coal Power-Part-I & II", John Miller, 2013.

- Tom Tietenberg & Harper Collins, "Environmental and Natural Resource Economics" (Third Edition). www.dieoff.org/page25.htm.
- United Nation Frame Work Convention on Climate Change, 1992.
- World Coal Association, "Explaining high efficiency low emission coal" 29 April 2016.
- White Paper Update," Financial Risks of Investments in Coal", Leslie Lowe, Amy Galland, October 2012.
- www.ecy.wa.gov.climatechange.

معهد البحوث والدراسات العربية