الباب الأول

موارد الطاقة الأولية

تعتبر الطاقة هي المحرك الأساسي لعملية التنمية الاقتصادية والاجتماعية في كافة البلدان سواء كانت متقدمة أو نامية وتعتبر تنمية موارد الطاقة الأولية وحسن إدارتها من أهم أساسيات التنمية المتواصلة. ونقطة البداية في أى سياسة لإدارة موارد الطاقة هي التعرف على الموارد المتاحة وتقييمها فيزيقيا واقتصاديا لتحديد أنسب الوسائل للحفاظ عليها وتنميتها واستهلاكها بشكل رشيد.

منذ عام ١٨٤٤ في عهد محمد على حتى عام ١٩١٣ كان المصدر الرئيسي للطاقة في مصر هو الفحم المستورد من أوروبا بكميات تتراوح من ٠,٣ إلى ١,٥ مليون طن في السنة بالإضافة إلى المخلفات الزراعية كالحطب التي كانت تستخدم كوقود في المناطق الريفية [١]. وقد بدأت المحاولات الأولى لاستكشاف الفحم في مصر عام ١٨٤٤ بواسطة جيولوجي إيطالي يدعى فيجارى بك حيث قام بحفر مناجم استكشافية في الرديسية شرق إدفو. وفى عام ١٩١٣ اكتشف البترول لأول مرة بكميات تجارية في منطقة جمسة جنوب السويس ومنذ ذلك الوقت وحتى الآن اصبح البترول هو المصدر الرئيسي للطاقة إلا أنه منذ بدأ إنتاج الغاز الطبيعي عام ١٩٧٥ فقد تزايد استهلاك الغاز الطبيعي على حساب المنتجات البترولية وإن ظلت مصادر الطاقة الهيدروكربونية (البترول والغاز الطبيعي) هي العنصر الرئيسي في هيكل استهلاك الطاقة.

تنحصر الطاقة الأولية التجارية في مصر حاليا في البترول والغاز الطبيعي والطاقة الكهرومائية وإن كانت تشمل على المستوى العالمي إضافة لهذه الطاقات

الفحم والطاقة النووية كما توجد أنواع أخرى من الطاقة لا زالت في أغلبها غير تجارية تتنوع في درجة تطور استخدامها من تلك التي لا زالت في مرحلة الأبحاث الأولية مثل تحويل الطاقة الحرارية للمحيطات، إلى تلك التي على عتبات الاستخدام التجاري مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح ونظرا لأن هذه الدراسة هي جزء من دراسة مستقبلية شاملة (مشروع مصر ٢٠٢٠) فمن المهم تقييم كل من الطاقات المتاحة حاليا والطاقات التي يمكن أن تكون متاحة في المستقبل، لذلك فإننا سوف نستعرض جميع موارد الطاقة الأولية – سواء التجارية منها أو غير التجارية – كما حددها مجلس الطاقة العالمي في مسحه الأخير لموارد الطاقة الأولية في العالم [٢] وهى:

١- الفحم	٢- زيت البترول	٣- الطفلة الزيتية
٤- البيتومين الطبيعي	٥- الغاز الطبيعي	٦- اليورانيوم والطاقة النووية
٧- الطاقة المائية	٨- الخث	٩- الخشب والفحم النباتي
١٠- الكتلة الحيوية	١١- الطاقة الشمسية	١٢- طاقة الحرارة الأرضية
١٣- طاقة الرياح	١٤- طاقة المد	١٥- طاقة الأمواج

١٦- الطاقة الحرارية للمحيطات

١- الفحم

الفحم عبارة عن بقايا رواسب نباتية وأعشاب كانت تنمو على الأرض وغطت مساحات شاسعة في العصور الجيولوجية السحيقة ثم طويت في جوف الأرض بمرور الزمن وتحولت بفعل الحرارة والضغط إلى فحم، ويتحكم في جودة الفحم: التركيب الكيميائي والمادي وعمر البقايا والمخلفات. ويتكون الفحم أساسا من الكربون كما يتميز بنسبة عالية من الرطوبة والمواد المتطايرة والكبريت. ويوجد الفحم على هيئة طبقات يختلف سمكها من مكان إلى آخر ومن منجم إلى آخر أو يوجد على هيئة عدسات أو بقع تتواجد مع الطفلة الكربونية والرمل والطين.

١-١ الاحتياطيات

بدأت عمليات الاستكشاف المنهجية للفحم والطفلة الكربونية في عام ١٩٥٦ وتركزت أساسا في منطقة سيناء وإن كانت بعض الجهود قد بدأت مؤخرا لاستكشاف الفحم في الصحراء الغربية [٣] وتشير دراسات حديثة للهيئة العامة للمساحة الجيولوجية [٣-٤] إلى وجود الفحم في ثلاث مناطق في سيناء هي: المغارة، وبدعه وثورة، وعيون موسى (شكل ١-١)، ومنطقتين في الصحراء الغربية هما: الخطاطبة، وعلم البويب وسوف نستعرض فيما يلي الاحتياطات المتوافرة في هذه المناطق.

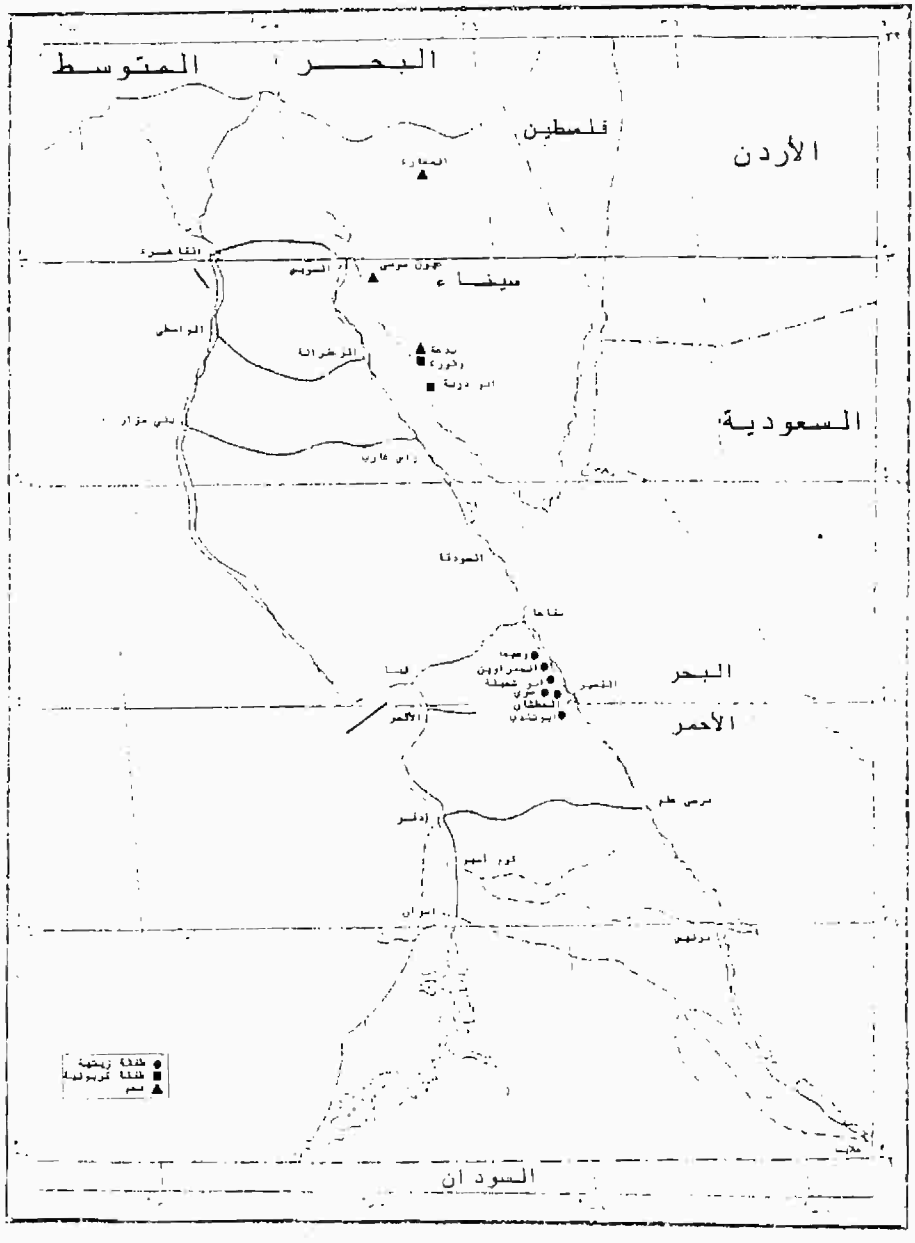
١-١-١ سيناء

أسفرت عمليات الاستكشاف التي جرت في الفترة ١٩٥٩-١٩٦١ عن اكتشاف عدة مواقع للفحم في سيناء تتراوح في جدواها الاقتصادية ومن أهمها:

(أ) منطقة المغارة

يتواجد فحم المغارة شمال سيناء علي بعد ٨٠ كم جنوب غرب مدينة العريش وقد تم اكتشافه عام ١٩٦١ بواسطة هيئة المساحة الجيولوجية، وافتتح أول منجم في وادي الصفا عام ١٩٦٤ إلا أن العمل توقف في أعقاب احتلال سيناء عام ١٩٦٧. وفي عام ١٩٨٢ أجريت دراسة جدوى إعادة تشغيل المنجم وتم تأسيس شركة سيناء للفحم عام ١٩٨٨ وبدأ الإنتاج أواخر عام ١٩٩٥ [٤].

تبلغ الاحتياطات المؤكدة حوالي ٢٧ مليون طن منها حوالي ٢١ مليون طن قابلة للاستخراج باتباع طرق الميكنة الحديثة مع استغلال الطبقة الرئيسية فقط نظرا لصغر سمك الطبقة العليا [٢-٤]. وتفيد الأعمال الاستكشافية التي أجريت في منطقة الركب وهي الامتداد الغربي للمنجم إلي احتمال وجود ١٧ مليون طن أخري قابلة للتعدين ويمكن استخدام فحم المغارة في:



شكل (١-١): توزيع خامات الطاقة الصلبة

١- التكويك: نظرا لانخفاض نوعية فحم المغارة فلابد من خلطه مع أنواع أخرى من الفحم المرتفع الجودة لإنتاج فحم الكوك وقد قامت شركة النصر للكوك بإجراء تجارب ناجحة لخلط نسبة (١٠-١٥%) من فحم المغارة مع أنواع أخرى من الفحم الأمريكي أو الأسترالي أو البترولي لإنتاج فحم الكوك [٣].

٢- الاستخدام المباشر في محطات توليد الكهرباء: وقد كان من المقرر إنشاء محطة في عيون موسى تعمل بالفحم لاستغلال فحم المغارة إلا أن وزارة الكهرباء والطاقة قررت استخدام الغاز الطبيعي بعد اكتشافه بكميات كبيرة. وهناك مخططات حكومية لتوسيع ميناء العريش بتكلفة ٥٩ مليون دولار ليمكن تصدير الفحم عن طريقه واستخدامه في مصنع للأسمنت جارى بناؤه حاليا [٥].

(ب) منطقة بدعة وثورة

تقع المنطقة علي بعد ٢٥ كم من ميناء أبوزنيمة علي خليج السويس (شكل ١-١) وقد بدأت الأبحاث الجيولوجية في المنطقة عام ١٩٥٩ ويقدر الاحتياطي المؤكد من الفحم بحوالي ١,٥ مليون طن توجد في عدسات وشقوق لا تجعلها اقتصادية، إلا أن الطفلة الكربونية توجد بكميات كبيرة تقدر بحوالي ٧٥ مليون طن [٤].

(ج) منطقة عيون موسى

تقع المنطقة علي بعد ١٤ كم جنوب شرق السويس (شكل ١-١) ويقدر الاحتياطي المؤكد من الفحم بحوالي ٢١ مليون طن والمحتمل بحوالي ٤٩ مليون طن [٣-٤]، إلا أنه يوجد على أعماق بعيدة عن سطح الأرض تتراوح من ٤٤٧ إلى ٦٥٦ متر. وهذا من نوع الليجنايت ولا يصلح للتكويك ومن ثم لا يمكن استخدامه في الصناعات المعدنية ولكن يمكن استخدامه في الصناعات الكيماوية لأنه غني بالمواد الطيارة التي يمكن استخدامها للحصول على منتجات مختلفة كما يمكن أن يستخدم في توليد الكهرباء. وقد أرجأت الدولة استغلاله لانخفاض جودته

ولبعده عن سطح الأرض، إضافة إلى ما يصاحبه من مياه جوفية تحت ضغوط عالية تسبب مشاكل كبيرة في إنتاجه [٤].

(د) مناطق أخرى بسيناء

ظهرت شواهد لوجود الفحم في مناطق أخري من سيناء إلا أنه لم يتم تقييم الاحتياطات حتى الآن، فقد وجدت طبقات رقيقة من الفحم في مناطق جبل الهلال وجبل الجدي وأم مفروث [٣].

١-١-٢ الصحراء الغربية

أظهرت نتائج بحث مشترك لأكاديمية البحث العلمي والهيئة العامة للمساحة الجيولوجية لدراسة بيانات الآبار الاستكشافية لشركات البترول وجود شواهد لوجود الفحم في منطقتين شمال الصحراء الغربية هما علم البويب والخطاطبة إلا أنه حتى الآن لم يتم تقييم الاحتياطات واقتصاديات استخراج الخام [٣].

١-٢ الإنتاج والاستهلاك

بدأ إنتاج فحم المغارة في أواخر عام ١٩٩٥ بطاقة قدرها ٣٤ ألف طن سنويا ارتفعت عام ١٩٩٧ إلى ١٠٠ ألف طن سنويا وعمل المنجم بكامل طاقته في منتصف عام ١٩٩٩ ليصل الإنتاج إلى ٦٠٠ ألف طن سنويا وقد بلغ استهلاك مصر من الفحم عام ١٩٩٧ حوالي ١,٥ مليون طن تم استخدامها أساسا في صناعة الحديد والصلب. ويوضح الجدول (١-١) تطور احتياطيات وإنتاج واستهلاك الفحم في مصر في الفترة ١٩٧٠-١٩٩٧. ورغم ضآلة استهلاك مصر من الفحم إلا أن هذا الاستهلاك يفوق بمراحل الإنتاج حتى إذا استمر عمل منجم المغارة بكامل طاقته الإنتاجية. ويوضح العمود الأخير من جدول (١-١) النسبة بين الاحتياطيات والاستهلاك وهي تمثل عدد السنوات التي تكفيها الاحتياطيات بفرض أن الإنتاج يلبى احتياجات الاستهلاك فى نفس السنة. وبالنسبة لمستويات الاستهلاك السائدة منذ

جدول (١-١)

تطور احتياطات وإنتاج واستهلاك الفحم فى الفترة ١٩٧٠-١٩٩٧

(ألف طن مترى)

السنة	الاحتياطى	الإنتاج	الاستهلاك	الاحتياطى/الاستهلاك
١٩٧٠	٢١٠٠٠	٠	٥٨٠	٣٦
١٩٧١	٢١٠٠٠	٠	٥٧٠	٣٧
١٩٧٢	٢١٠٠٠	٠	٥٠٦	٤٢
١٩٧٣	٢١٠٠٠	٠	٤٧٧	٤٤
١٩٧٤	٢١٠٠٠	٠	٧٦٩	٢٧
١٩٧٥	٢١٠٠٠	٠	٨٩٤	٢٣
١٩٧٦	٢١٠٠٠	٠	٨٨٨	٢٤
١٩٧٧	٢١٠٠٠	٠	٩٦٨	٢٢
١٩٧٨	٢١٠٠٠	٠	٩٧٦	٢٢
١٩٧٨	٢١٠٠٠	٠	١١١١	١٩
١٩٨٠	٢١٠٠٠	٠	٨٩٤	٢٣
١٩٨١	٢١٠٠٠	٠	١١٥٥	١٨
١٩٨٢	٢١٠٠٠	٠	١١٨٢	١٨
١٩٨٣	٢١٠٠٠	٠	١١١٤	١٩
١٩٨٤	٢١٠٠٠	٠	١١٣٢	١٩
١٩٨٥	٢١٠٠٠	٠	١١٩٢	١٨
١٩٨٦	٢١٠٠٠	٠	١٢٠٠	١٨
١٩٨٧	٢١٠٠٠	٠	١٢٩٠	١٦
١٩٨٨	٢١٠٠٠	٠	١٣٩٨	١٥
١٩٨٩	٢١٠٠٠	٠	١٤٥٠	١٤
١٩٩٠	٢١٠٠٠	٠	١٣٤٠	١٦
١٩٩١	٢١٠٠٠	٠	١٢٠٧	١٧
١٩٩٢	٢١٠٠٠	٠	١٢٢٠	١٧
١٩٩٣	٢١٠٠٠	٠	١٤٦٠	١٤
١٩٩٤	٢١٠٠٠	٠	١٥٦٠	١٣
١٩٩٥	٢١٠٠٠	٣٤	١٢٧٨	١٦
١٩٩٦	٢٠٩٦٦	٩٢	١٣٧٩	١٥
١٩٩٧	٢٠٨٧٤	١٠٠	١٤٦٨	١٤

المصادر:

١- الفترة ١٩٧٠-١٩٧٤ مرجع رقم [٩]

٢- الفترة ١٩٧٥-١٩٩٣ مرجع رقم [١٠]

٣- الفترة ١٩٩٤-١٩٩٧ مرجع رقم [١١]

أوائل الثمانينات فإن الاحتياطيات تكفي لمدة تتراوح من ١٥ إلى ٢٠ سنة. والواقع أن الاحتياطيات المؤكدة في منجم المغارة سوف تستنفذ بالكامل في خلال ٣٥ سنة إذا ما أنتج بكامل طاقته الإنتاجية. وليس من المتوقع أن يلعب الفحم دورا هاما كمصدر للطاقة الأولية في مصر نظرا لضآلة الاحتياطيات وانخفاض نوعية الفحم المصري من ناحية ومن ناحية أخرى بسبب صعوبة نقله واعتبارات حماية البيئة من التلوث إضافة إلى التدني الذي لحق بأسعار البترول كوقود منافس اعتبارا من النصف الثاني من الثمانينات والذي يتوقع أن يستمر عند معدلاته المنخفضة كما تشير تنبؤات إدارة معلومات الطاقة الأمريكية [٧] إلى أن سعر شراء معامل التكرير الأمريكية للبترول عام ٢٠٢٠ والذي يزيد بحوالي دولار في البرميل عن الأسعار العالمية سوف يكون ٢٢,٧ دولار للبرميل بالأسعار الثابتة لعام ١٩٩٧.

٢- زيت البترول

يرجع أصل البترول إلى تكونه في العصور الجيولوجية السحيقة في مياه البحار والمحيطات الضحلة الغنية بالكائنات البحرية النباتية والحيوانية والتي تقل فيها نسبة الأكسجين. وبعد موت هذه الكائنات تغوص في القاع وتدفن في الرواسب الدقيقة الناعمة في الماء. وتساعد قلة الأكسجين علي بطؤ تحلل تلك الكائنات، وبمساعدة عوامل الضغط والحرارة والبكتريا تتحول الأجزاء اللينة في الكائنات الحية الدقيقة إلى بترول. ويوجد البترول الخام علي هيئة رشوحات علي سطح الأرض أو في باطن الأرض في طبقات الصخور الرسوبية المسامية محاطة بطبقة رسوبية غير منفذة تعمل كمصيدة بترولية وتمنع تسرب البترول [٦]. وقد وجد البترول لأول مرة في مصر علي هيئة رشوحات سطحية في منطقة جمسة وجبل الزيت علي الساحل الغربي وقامت الحكومة المصرية بحفر تسعة آبار استكشافية في منطقة جمسة في الفترة ١٨٨٦-١٨٨٨ وتم اكتشاف أول حقل بترول في منطقة جمسة عام ١٩٠٩ إلا أن إنتاج البترول بكميات معنوية لم يبدأ إلا عام ١٩٦٩ وتم تصدير كميات صغيرة منه لأول مرة عام ١٩٧٥.

٢-١ الاحتياطيات

كانت مصر من أوائل الدول العربية وربما علي مستوي العالم التي اكتشف فيها البترول. ومنذ اكتشاف البترول في منطقة جمسة علي ساحل البحر الأحمر عام ١٨٨٦ وحتى الآن فقد مرت عمليات الاستكشاف بستة مراحل [٨] هي:

(أ) المرحلة الأولى (١٨٨٦-١٩٢١): بدأت الحكومة المصرية الأعمال الاستكشافية في هذه المرحلة ثم بدأ منح الامتيازات للشركات وقد تم في هذه المرحلة اكتشاف ثلاث حقول بترولية.

(ب) المرحلة الثانية (١٩٢٢-١٩٥٣): توقفت الحكومة في هذه المرحلة تماما عن أى أعمال استكشافية ودخلت مجموعة من الشركات العالمية الكبرى في مجال الاستكشاف في مصر وتم تحديد المناطق التي يمكن أن تحتوي على بترول في مصر حيث تم حفر أبار استكشافيه في خليج السويس وفي شمال سيناء والصحراء الشرقية والغربية وساحل البحر الأحمر وقد اكتشفت في هذه المرحلة حقول رأس غارب وسدر والمطارمة ووادي فيران وجميعها في منطقة خليج السويس.

(ج) المرحلة الثالثة (١٩٥٤-١٩٦٣): في بداية هذه المرحلة صدر قانون التعدين عام ١٩٥٣ الذي جذب العديد من الشركات العالمية العاملة في مجال البترول للعمل في مصر، كما تم تأسيس المؤسسة المصرية العامة للبترول عام ١٩٥٦ للإشراف علي جميع الأنشطة البترولية في مصر وقد تم في هذه المرحلة اكتشاف أول حقل بحري في خليج السويس عام ١٩٦١ هو بلاعيم البحري بالإضافة إلى سبعة حقول برية في منطقة خليج السويس.

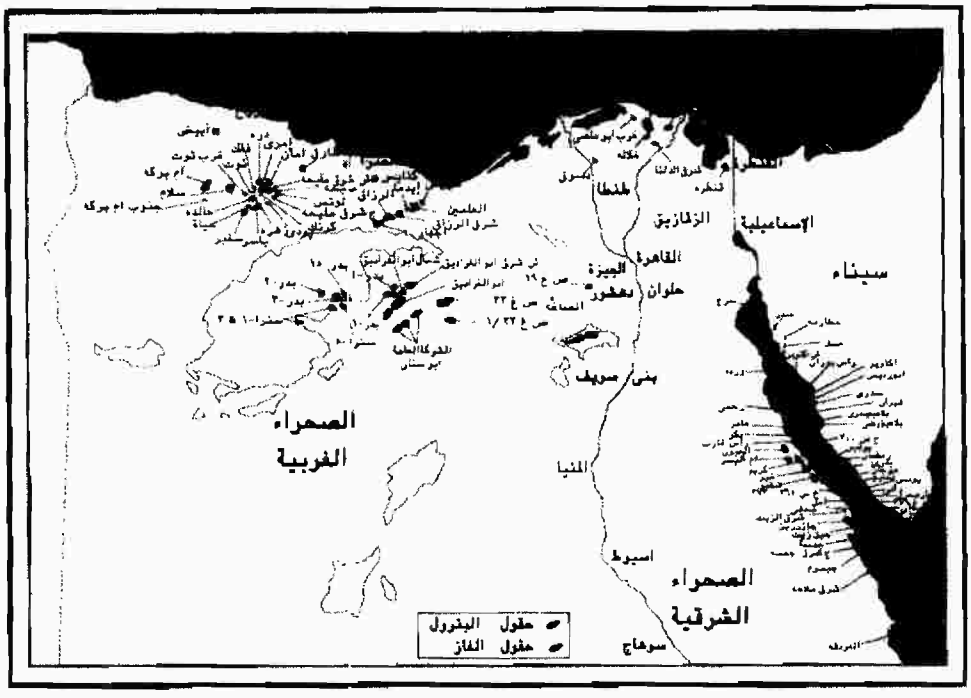
(د) المرحلة الرابعة (١٩٦٤-١٩٧٢): تتميز هذه المرحلة ببدايات اكتشاف الغاز الطبيعي في مصر في منطقة الدلتا والصحراء الغربية بالإضافة إلى اكتشاف عدة حقول جديدة في منطقة خليج السويس من أهمها حقل المرجان كما تم اكتشاف أول حقل بترول في الصحراء الغربية هو حقل العلمين.

(هـ) المرحلة الخامسة (١٩٧٣-١٩٨٥): تعد هذه المرحلة من أنشط المراحل في التنقيب عن البترول سواء في مصر من ناحية الاتفاقيات الموقعة مع شركات البترول أو من ناحية حجم الأنشطة وقد شملت أعمال الاستكشاف مناطق جديدة في جنوب مصر وتم اكتشاف ١٢٠ حقل منتجة للزيت أو الغاز أو كليهما.

(و) المرحلة السادسة (١٩٨٦ إلى الآن): وتتميز هذه المرحلة بزيادة الأنشطة الاستكشافية وزيادة نسبة نجاح الحفر الاستكشافي إلى ٣/١ مقارنة بنسبة ٥/١ التي كانت سائدة في المائة عام السابقة كما بدأت الشركات العالمية في العمل بالصعيد في أسيوط وقنا وأسوان.

يوضح الشكل (٢-١) حقول البترول والغاز في مصر ويلاحظ أن حقول البترول تتواجد في أربعة مناطق هي سيناء وخليج السويس والصحراء الشرقية والصحراء الغربية كما يوضح جدول (٢-١) تطور الاحتياطات والإنتاج والاستهلاك في الفترة ١٩٧٠-١٩٩٧. انخفض الاحتياطي المؤكد لزيت البترول في مصر من ٦١٦ مليون طن عام ١٩٧٠ إلى نحو ٤٠٣ مليون طن عام ١٩٩٧ بمعدل انخفاض سنوي مقداره ١,٦% وذلك رغم جهود قطاع البترول في تشجيع الشركات الأجنبية على تكثيف النشاط الاستكشافي في مصر والذي أدى إلى ثبات الفترة الباقية على نفاذ الاحتياطيات (أي النسبة بين الإنتاج الاحتياطيات في نفس السنة) منذ عام ١٩٨٥ وحتى الآن (١٩٩٧) كما يتضح من الجدول (٢-١)، وهو ما يعني أن هناك اتجاه عام لتآكل الاحتياطيات المصرية من زيت البترول.

"ومما يجدر ملاحظته أن تآكل الاحتياطيات البترولية لا يحدث فقط كنتيجة لاستمرار نمو الاستهلاك المحلى بالإضافة إلى التصدير، بل أن انهيار الأسعار العالمية للبترول منذ ١٩٨٦ قد أضاف عاملا جديدا إلى تلك الأسباب. فعقود اقتسام الإنتاج التي أبرمتها مصر مع الشركات الأجنبية تنص على أن تحصل الشركة الأجنبية العاملة في مصر على نسبة من الإنتاج تتراوح حول ٣٠-٣٥% وذلك سدادا لما أنفقته على الاستكشاف والإنتاج. وما تحصل عليه الشركة في شكل زيت عيني يتم تقييمه بالسعر العالمي السائد وقت الاسترداد ثم تخصم القيمة من إجمالي



شكل (٢-١): حقول البترول والغازات فى مصر

المستحق للشركة. وهكذا تتكرر العملية عاما بعد أخر إلى أن يتم استرداد جميع النفقات. ولذلك فإن انخفاض الأسعار العالمية إلى ما يقرب من النصف منذ ١٩٨٦ من شأنه أن يضاعف كمية البترول التي تحصل عليها الشركات سدادا للنفقات، وبذلك تزداد سرعة تآكل الاحتياطيات" [١٣].

"كذلك قد تزداد سرعة تآكل الاحتياطيات نتيجة للتعديل الذى ادخل على عقود اقتسام الإنتاج عام ١٩٨٧ وخول بمقتضاه للشركات الحصول على مقابل اكبر (نقدا أو عينا) بالنسبة لما يكتشف من الغاز الطبيعي ويتم إنتاجه وتسويقه في السوق المحلية. فقد نص التعديل على أن يعامل الغاز معاملة الزيت بحيث يحق للشريك الأجنبي استرداد كافة النفقات مضافا إليها حصة يتفق عليها مما يتبقى بعد النفقات. وفى تلك الحالة، وبسبب صعوبة تصدير الحصة عينا، يتم بيعها لقطاع البترول بالأسعار العالمية أو يحصل الشريك الأجنبي على ما يقابلها من الزيت عينا، وفي حين لا يلتزم الجانب المصري بتسويق نصيب الشريك الأجنبي في حالة الزيت فإنه

يلتزم في حالة الغاز ببذل جهوده لإيجاد أسواق محلية كفيلة باستيعاب الغاز المنتج بما في ذلك نصيب الشريك الأجنبي. ومتى تعاقد الجانب المصرى على شراء نصيب الشريك الأجنبي فإنه يلتزم بدفع ما لا يقل عن ٧٥% هي قيمة الغاز المتعاقد عليه طوال فترة العقد حتى ولو عجز عن استلام الكميات المتعاقد عليها جزئيا أو كليا، وهذا ما يعرف بشرط " Take or Pay " [١٣].

جدول (٢-١)

تطور احتياطات وإنتاج و استهلاك خام البترول فى الفترة ١٩٧٠-١٩٩٧

(مليون طن متري)

السنة	الاحتياطى	الإنتاج	السنوات الباقية	السنة المتوقعة للنفاذ	الاستهلاك	النسبة للإنتاج	الخام المعالج بمعامل التكرير
١٩٧٠	٦١٦,٤٣٨	١٦,٤٠٤	٣٨	٢٠٠٨	٦,٦٩٦	٠,٤٠٨	٣,٣٧١
١٩٧١	٦٤٢,٤٦٦	١٣,٥٦٣	٤٧	٢٠١٨	٦,٣٢٧	٠,٤٦٦	٤,٥٩٦
١٩٧٢	٦٦٩,٨٦٣	١٠,٧٢١	٦٢	٢٠٣٤	٧,١٣٢	٠,٦٦٥	٦,٢٦٧
١٩٧٣	٦٩٨,٦٣٠	٨,٤٧٩	٨٢	٢٠٥٥	٦,٦٠٩	٠,٧٧٩	٦,٧٨١
١٩٧٤	٦١٦,٤٣٨	٧,٤٥٣	٨٣	٢٠٥٧	٧,٢٩٨	٠,٩٧٩	٦,٦٩٨
١٩٧٥	٥٣٤,٢٤٧	١١,٧٣٤	٤٦	٢٠٢١	٨,٠٣٣	٠,٦٨٥	٩,١٣٤
١٩٧٦	٤٣٥,٦١٦	١٦,٦٤١	٢٦	٢٠٠٢	٩,٤٥٩	٠,٥٦٨	١٠,١٠٣
١٩٧٧	٣٣٥,٦١٦	٢٠,٨٤٦	١٦	١٩٩٣	١٠,٠٣٨	٠,٤٨٢	١٠,٧٦١
١٩٧٨	٤٣٨,٣٥٦	٢٤,٢٩٩	١٨	١٩٩٦	١٠,١٨٥	٠,٤١٩	١١,٥٨٤
١٩٧٩	٤٢٤,٦٥٨	٢٦,٣٢٧	١٦	١٩٩٥	١١,١٢٠	٠,٤٢٢	١١,٨٧٥
١٩٨٠	٣٩٧,٢٦٠	٢٩,٤٠٤	١٤	١٩٩٤	١٢,١٨١	٠,٤١٤	١٣,٨٣٤
١٩٨١	٥٣٨,٣٥٦	٣١,٣٩١	١٧	١٩٩٨	١٣,٥٥٤	٠,٤٣٢	١٥,٠٦١
١٩٨٢	٤٥٦,١٦٤	٣٣,١١٢	١٤	١٩٩٦	١٤,٨٧٦	٠,٤٤٩	١٦,٨١١
١٩٨٣	٤٧٢,٦٠٣	٣٦,٣٨١	١٣	١٩٩٦	١٦,٧٣٨	٠,٤٦٠	١٨,١٤٠
١٩٨٤	٤٣٨,٣٥٦	٤٠,٩٤٩	١١	١٩٩٥	١٨,٣٧١	٠,٤٤٩	١٩,٤٥٠
١٩٨٥	٤٣٨,٣٥٦	٤٤,٣١٢	١٠	١٩٩٥	١٩,٣٤٣	٠,٤٣٧	٢٠,٢١٨
١٩٨٦	٤٥٢,٠٥٥	٤٠,٢٤٠	١١	١٩٩٧	١٩,٤٥٩	٠,٤٨٤	٢١,١٣٨
١٩٨٧	٤٥٢,٠٥٥	٤٥,٩٣٠	١٠	١٩٩٧	٢٠,٩٣٣	٠,٤٥٦	٢١,١٩٧
١٩٨٨	٤٥٠,٦٨٥	٤٤,٥٠٠	١٠	١٩٩٨	٢١,٢٩١	٠,٤٧٨	٢٠,٥٢٨
١٩٨٩	٤٥٤,٧٩٥	٤٢,٩٩٩	١١	٢٠٠٠	٢١,٢٦٦	٠,٤٩٥	٢٣,٠٥٧
١٩٩٠	٤٧٣,٩٧٣	٤٣,٩٥٢	١١	٢٠٠١	٢٢,٣٨٣	٠,٥٠٩	٢٤,٣٣٧
١٩٩١	٤٨٠,٨٢٢	٤٣,٨٣٧	١١	٢٠٠٢	٢٢,٤٤٧	٠,٥١٢	٢٤,٨٢٤
١٩٩٢	٤٦٧,١٢٣	٤٤,٣١١	١١	٢٠٠٣	٢٢,٥٩٤	٠,٥١٠	٢٥,٢١٠
١٩٩٣	٤٦٥,٧٥٣	٤٥,٤٦٤	١٠	٢٠٠٣	٢٠,٩٣٦	٠,٤٦٠	٢٥,٦٠١
١٩٩٤	٤٤٧,٩٤٥	٤٤,٣٥٦	١٠	٢٠٠٤	٢٠,١٥٠	٠,٤٥٤	٢٦,٥٠٨
١٩٩٥	٤٢٧,٣٩٧	٤٤,٤٣٦	١٠	٢٠٠٥	٢١,٢٧٨	٠,٤٧٩	٢٧,٣٠٣
١٩٩٦	٤١٠,٩٥٩	٤٢,٧٨٤	١٠	٢٠٠٦	٢٢,٩٩٥	٠,٥٣٧	٢٨,٣١١
١٩٩٧	٤٠٢,٨٢١	٤١,٢٥٩	١٠	٢٠٠٧	٢٥,٨٥٣	٠,٦٢٧	٢٩,٥٢٩

المصدر: الهيئة المصرية العامة للبترول، التقرير السنوي، أعداد متنوعة

من الملاحظ أن الاكتشافات الجديدة وان كانت لم ترفع قيمة الاحتياطيات إلا أنها قد قللت من معدل تآكلها، فقد بلغ حجم الإنتاج التراكمي من البترول في الفترة ١٩٨٨-١٩٩٧ ما يقرب من ٤٤٠ مليون طن وإذ تتساوى هذه الكمية تقريبا مع حجم الاحتياطي المؤكد في آخر عام ١٩٨٧ والبالغ ٤٥٢ مليون طن فإن الاحتياطي المؤكد في آخر عام ١٩٩٧ والبالغ نحو ٤٠٣ مليون طن يمكن اعتباره محصلة لأنشطة الاستكشاف خلال السنوات العشر الماضية، ومن الجدير بالذكر أن عمليات البحث والاستكشاف طبقا للاتفاقيات البترولية الحالية تغطي ٦١% من مساحة مصر ومن ناحية أخرى فإن مصر قد أصبحت تحتل المرتبة الأولى بين دول المنطقة في معدل النشاط الاستكشافي في أعمال حفر الآبار البترولية [١٢].

"وعلى الرغم من مظاهر النجاح في أنشطة الاستكشاف فما زال وضع البترول بعيدا عن نقطة الأمان. فالحقول الكبيرة مثل بلاعيم ومرجان ورمضان تم اكتشافها خلال الفترة ١٩٥٥-١٩٧٨ أما الحقول الجديدة المكتشفة خلال عقدي الثمانينات والتسعينات فهي صغيرة الحجم وإن كانت كثيرة العدد" [١٣]. ويعقد بعض الخبراء الآمال على الصحراء الغربية التي تشبه تراكيبها الجيولوجية التراكيب الليبية المنتجة للبترول [١٣]. وهناك بعض الشواهد المشجعة نتيجة لتزايد الأنشطة الاستكشافية في الصحراء الغربية حيث تم العثور على البترول في تجمعات صغيرة بها وبذلك ارتفع نصيب الصحراء الغربية في إجمالي الإنتاج من ٣,٨% عام ١٩٨٠ إلى ١١,٥% عام ١٩٩٥، إلا أن منطقة خليج السويس لا زالت أكثر منطقة توجد بها احتياطيات لزيت البترول في مصر.

٢-٢ الإنتاج والاستهلاك

ينتج البترول من أربعة مناطق كما سبق أن أوضحنا هي سيناء وخليج السويس والصحراء الشرقية والصحراء الغربية ويوضح جدول (٣-١) تطور إنتاج البترول طبقا لإنتاج كل من هذه المناطق. و يتضح من الجدول أن أهم منطقة لإنتاج البترول هي خليج السويس التي مثل إنتاجها عام ١٩٩٥ حوالي ٨١% من جملة الإنتاج. وتوضح الدراسة المتأنية للجدول (٢-١) أنه يمكن رصد أربعة فترات زمنية لتطور إنتاج البترول وهي:

جدول (٣-١)
تطور إنتاج البترول طبقا لمناطق إنتاجه في الفترة ١٩٧٠-١٩٩٥
(مليون طن متري)

السنة	سيناء		الصحراء الشرقية		خليج السويس		الصحراء الغربية		الإجمالي
	الكمية	النسبة المئوية	الكمية	النسبة المئوية	الكمية	النسبة المئوية	الكمية	النسبة المئوية	
١٩٧٠	–	–	١,٣٥٥	٨,٢	١٣,٤٤٦	٨٢,٠	١,٦٠٣	٩,٨	١٦,٤٠٤
١٩٧٥	٠,٣٥٨	٣,١	١,٨٤٦	١٥,٧	٧,٨٤٢	٦٦,٨	١,٦٨٨	١٤,٤	١١,٧٣٤
١٩٨٠	٥,٤٤٠	١٨,٥	١,١٨١	٤,٠	٢١,٦٦٤	٧٣,٧	١,١١٩	٣,٨	٢٩,٤٠٤
١٩٨٥	٨,٥٦٤	١٩,٣	١,٥٥٩	٣,٥	٣٢,٧٠٢	٧٣,٨	١,٤٨٦	٣,٤	٤٤,٣١٢
١٩٩٠	٢,١٣٥	٤,٩	١.٦٩٥	٣,٩	٣٥,٨٧٤	٨١,٦	٤,٢٤٨	٩,٧	٤٣,٩٥٢
١٩٩٥	٢,٢٤٦	٥,٠	١,٢٣٦	٢,٨	٣٥,٨٦٧	٨٠,٧	٥,٠٩٧	١١,٥	٤٤,٤٣٦

المصدر: الهيئة المصرية العامة للبترول، التقرير السنوى، أعداد متنوعة

- الفترة ١٩٧٠-١٩٧٤: وقد انخفض فيها إنتاج البترول من ١٦,٤ إلى ٧,٤ مليون طن بمعدل تناقص سنوي مقداره ١٤,٦% بسبب ضغوط الاستعداد لحرب ١٩٧٣.

- الفترة ١٩٧٥-١٩٧٩: وحدث فيها زيادة كبيرة في إنتاج البترول بلغت ١٧,٥% سنويا حيث تزايد الإنتاج من ١١,٧ مليون طن عام ١٩٧٥ إلى ٢٦,٣ مليون طن عام ١٩٧٩. ويلاحظ أن مصر قد استعادت حقول سيناء أواخر عام ١٩٧٥.

- الفترة ١٩٨٠-١٩٨٤: واستمر فيها تزايد إنتاج البترول وان كان بمعدلات اقل من الفترة السابقة حيث ارتفع الإنتاج من ٢٩,٤ مليون طن عام ١٩٨٠ إلى نحو ٤١ مليون طن عام ١٩٨٤ بمعدل زيادة سنوية مقداره ٦,٨%.

- الفترة ١٩٨٥-الآن: وحدث فيها ثبات في معدلات الإنتاج السنوي التي تذبذبت حول ٤٣,٧ مليون طن سنويا في المتوسط. وكان أقل إنتاج في هذه الفترة حوالي ٤٠ مليون طن عام ١٩٨٦ وهو العام الذي انهارت خلاله الأسعار البترولية، أما أعلى إنتاج في هذه الفترة فقد كان حوالي ٤٦ مليون طن عام ١٩٨٧.

أما بالنسبة للاستهلاك فتعكس الفترة ١٩٧٠-١٩٧٤ آثار انتكاسة عام ١٩٦٧ حيث تراوح معدل الاستهلاك السنوى حول ٦,٨ مليون وقد كان في مقدمة العوامل التي ساعدت علي عدم النمو خلال هذه الفترة فقدان مصر لأهم مصادرها البترولية في خليج السويس وإن كان بدء الإنتاج في المرجان الكبير قد عوض جانبا من هذه المصادر [١٣]. واعتبارا من عام ١٩٧٥ وحتى الآن فقد تزايد الاستهلاك بشكل مستمر وإن كان من الممكن التمييز بين فترتين أولهما هي الفترة ١٩٧٥-١٩٨٥ والتي يصفها د. حسين عبد الله [١٣] بفترة الانفجار الاستهلاكي في البترول والطاقة بصفة عامة حيث تزايد استهلاك زيت البترول الخام من ٨ مليون طن عام ١٩٧٥ إلى ١٩ مليون طن عام ١٩٨٥ بمعدل زيادة سنوية مقدارها ٩,٢% هي فترة غير عادية من النمو ولا يتوقع تكرارها في المستقبل المنظور ذلك "أن التوسع السريع في استهلاك الطاقة في مصر منذ ١٩٧٥ لم يكن ليتحقق لولا توافرها محليا وبالعملة المحلية نتيجة للتوسع في إنتاج البترول وبغير هذا ما كان في المستطاع تدبير العملة الأجنبية اللازمة لاستيراد الاحتياجات المحلية من الطاقة والتي بلغت قيمتها بالأسعار العالمية عام ١٩٨٥ نحو خمسة مليارات من الدولارات" [١٣].

الفترة الثانية هي الفترة المستمرة من ١٩٨٥ وحتى الآن وتزايد الاستهلاك فيها بمعدل متواضع مقداره ٢,٤% سنويا وهي تعكس من ناحية الانخفاض في معدلات نمو الناتج المحلى الإجمالى الذى يعد من أهم معالم دالة الطلب على الطاقة، والذى كان معدل نموه في خلال نفس الفترة ٢,٩% سنويا علي عكس العقد ١٩٧٥-١٩٨٥ الذى بلغ متوسط نمو للناتج المحلي الإجمالي خلاله ٩,٢% سنويا. ومن ناحية أخرى فقد تزايد الاعتماد علي الغاز الطبيعي في هذه الفترة كما سنوضح فيما بعد.

ومن المهم هنا ملاحظة تزايد نسبة الاستهلاك للإنتاج وقد انعكس هذا علي تزايد الكميات التي تشتريها مصر من حصة الشريك الأجنبي ونقص الكميات التي تصدرها مصر كما توضح بيانات جهاز تخطيط الطاقة عن الفترة الممتدة من العام المالي ١٩٩٤/٩٣ إلى العام المالي ١٩٩٨/٩٧ [١١] والمثبتة فى جدول (٤-١).

جدول (٤-١)
تطور تصدير البترول والشراء من حصة الشريك الأجنبى
فى الفترة من ١٩٩٤/٩٣ إلى ١٩٩٨/٩٧

(مليون طن مترى)

العام المالي	١٩٩٤/٩٣	١٩٩٥/٩٤	١٩٩٦/٩٥	١٩٩٧/٩٦	١٩٩٨/٩٧
الشراء من الشريك الأجنبي	٥ ,٠٧٠	٤ ,٩٩٨	٦ ,١٨٩	٦ ,٢٥٩	٦ ,٤٧١
التصدير	٩ .٤١٠	٧ ,٩٣٣	٧ ,٨٢٤	٦ ,٦٠٩	٣ ,٩٤٩

المصدر: جهاز تخطيط الطاقة، "الطاقة فى مصر"، الأعداد من ١٩٩٣/١٩٩٤ إلى ١٩٩٧/١٩٩٨

ويلاحظ من الأرقام الواردة في الجدولين (٢-١) و(٤-١) أن نسبة كبيرة من الإنتاج تستهلك محليا وما يتم تصديره يمثل في معظمه تكاليف يستردها عينيا الشريك الأجنبي وهي تكاليف النشاط لتنمية الحقول ومصروفات التشغيل والصيانة وحصة الشريك الأجنبي من الأرباح ويعلق د. حمدي البنبي وزير البترول السابق علي ذلك بأن "مصر دولة بترولية إنتاجا وليست دولة بترولية تصديرا فحجم إنتاج مصر كبير وهو أكبر من إنتاج دول كثيرة ولكن معظمه يستهلك محليا" [١٤].

على ضوء التحليل المتقدم فالاحتفاظ بمستويات الإنتاج الحالية يبدو غير ممكن إلا من خلال اكتشافات جديدة وكبيرة يعثر عليها خلال السنوات القليلة القادمة وفي نفس الوقت فإن الاستهلاك المحلي من المنتجات البترولية سوف يتزايد في الأعوام القادمة وإن كان بمعدلات أقل من السابق نتيجة لتزايد الاعتماد علي الغاز الطبيعي وقد نصل في المستقبل القريب إلى شراء كامل حصة الشريك الأجنبي والاستيراد من الخارج.

٣- الطفلة الزيتية

تعرف الطفلة الزيتية والتي يطلق عليها أيضا الطفلة البترولية أو الصخر الزيتي بأنها طفلة تحتوي علي نسبة عالية من المواد العضوية (الكيروجين) والتي يمكن تحويلها إلى زيت أو غاز اصطناعيان بالمعالجة [٢] والزيوت الناتجة من معالجة الطفلة الزيتية تشبه النفط الخام ويمكن أن تكرر لإنتاج مواد بترولية تقليدية مثل البنزين وزيت الوقود، كما يمكن أن تحرق الطفلة الزيتية مباشرة كوقود في مراجل مصممه خصيصا لذلك لإنتاج البخار اللازم لتوليد القوي الكهربية.

وتقع الرسوبيات الكبرى للطفلة الزيتية في كل من الصين واستراليا والولايات المتحدة الأمريكية وشمال أفريقيا والبرازيل بالإضافة إلى المنطقة الواقعة في الاتحاد السوفيتي السابق. وتشير بعض الدراسات إلى أن الأرصدة المؤكد توافرها من الطفلة الزيتية علي مستوى العالم تقدر بحوالي ٢٩ تريليون طن، غير أن التكنولوجيا المتاحة حاليا لتنمية هذه الموارد واستغلالها لا تزال معقدة ومكلفة نسبيا ولذلك تساهم الطفلة الزيتية حاليا مساهمات متواضعة للغاية في الإمداد العالمي بالطاقة [١٥].

تتفاوت أساليب استخدام الطفلة الزيتية – كما سبق أن أوضحنا – بين حرقها مباشرة عقب استخراجها في أفران خاصة لتوليد الطاقة، وبين العمل علي استخلاص ما بها من مواد هيدروكربونية، وحتى عام ١٩٥٨ كانت صناعة استخراج الزيت الطفلي في كل من السويد وأسبانيا واسكتلندا منافسة لأسعار النفط في السوق العالمي. ولكن مع انخفاض أسعار الخامات النفطية أصبحت المنافسة غير ممكنة (حيث وصل سعر البرميل من النفط إلى حوالي ٢,٥ دولار) وقد استقر هذا السعر لفترة طويلة (١٩٦٠-١٩٧٣)، إلا أنه مع ارتفاع أسعار البترول في أواخر عام ١٩٧٣ عاد الاهتمام ثانية بالطفلة الزيتية كما تم الإسراع في تطوير النواحي التكنولوجية المتعلقة بمختلف مراحل تشغيلها [١٥].

٣-١ الاحتياطيات

بدأت هيئة المساحة الجيولوجية في دراسة إمكانيات استغلال الطفلة الزيتية بالتعاون مع بعض المؤسسات الأجنبية منذ أواخر الخمسينات وذلك عندما لفت نظر الباحثين احتراقها الذاتي في الرديم المستخرج من مناجم الفوسفات، ويوجد ملخص جيد لهذه الدراسات في تقرير حديث مقدم للمجالس القومية المتخصصة [١٥]، وسوف نقدم فيما يلي ملخصا لنتائج أحدث هذه الدراسات وهي تلك التي تمت عام ١٩٨١ بالتعاون بين هيئة المساحة الجيولوجية والشركة العامة للبترول وجامعة برلين، حيث تم جمع خمسين عينة من عدة مناطق بالصحراء الشرقية ومنطقة

المحاميد بوادي النيل وهضبة أبو طرطور بالصحراء الغربية وتم إجراء التحاليل اللازمة في معامل جامعة برلين وقد أوضحت الدراسة ما يلي:

١- أعطت عينات منطقة البحر الأحمر أعلي النتائج كما يلي:

منطقة وصيف	:	١٧٠ لتر/طن (٤٥ جالون/طن)
الحمراوين	:	٧٥ لتر/طن (٢٠ جالون/طن)
أبو شجيلة	:	٨٧ لتر/طن (٢٣ جالون/طن)
جبل ضوى	:	١٥٠ لتر/طن (٤٠ جالون/طن)

٢- متوسط إنتاجية طن الطفلة الزيتية في طبقات العصر الطباشيري الأعلى بمصر حوالي ٧٢ لتر/طن (١٩ جالون/طن).

٣- أمكن تقدير الاحتياطي المبدئي للزيت في الطفلة الزيتية الموجودة بالبحر الأحمر والتي يبلغ سمكها في المتوسط حوالي ٢٥ متر بحوالي ٤,٥ بليون برميل (٦٠٠ مليون طن) إلا أن هذه المنطقة تتميز بصعوبة التركيب الجيولوجي، ولا يمكن استغلال خامات منطقة البحر الأحمر بطريقة المنجم المفتوح بسبب وجود غطاء صخري سميك فوق طبقات الطفلة في بعض المناطق يصل إلى ٢٥٠ متر وقد أوضحت دراسة لاحقة لهيئة المساحة الجيولوجية خلال عام ١٩٩٤/٩٣ صعوبة استخراج الطفلة الزيتية الموجودة بمناجم الفوسفات الناضبة بسبب حدوث كثير من الانهيارات فيها نتيجة لعدم وجود تدعيم للأسقف والجدران.

٤- التركيب الجيولوجي لمنطقة أبو طرطور بسيط، ومتوسط سمك طبقة الطفلة الزيتية مترين بمساحة ٩٠٠ كيلو متر مربع تقريبا والتقدير المبدئي لاحتياطي الزيت في هذه الطبقة حوالي ١,٢ بليون برميل (١٦٠ مليون طن) ويمكن استخراج الطفلة الزيتية عندما يبدأ استغلال خام الفوسفات.

٥- من خلال الدراسات المذكورة وجد أن التقدير المبدئي لاحتياطي الطفلة الزيتية في مناجم فوسفات قطاع القصير بالبحر الأحمر يبلغ حوالي ١٥ بليون طن موزعة كالتالي:

- منطقة جبل ضوى والعنز والنخيل : ٩,٠٠ بليون طن
- منطقة أبوشجيلة : ٠,٥٠ بليون طن
- منطقة حماضات وأبو تندب ووادي غزال: ٥,٥٠ بليون طن

ويعتقد أن شبه جزيرة سيناء تشتمل علي مواقع غنية بالطفلة الزيتيـــة إلا أنـــه حتى الآن لم يتم عمل مسح جيولوجي شامل لها.

٣-٢ الاحتمالات المستقبلية للاستغلال

استنتجت الدراسات التي أجريت علي عينات الطفلة الزيتية المصرية أن أنسب استخدام لها هو الحرق المباشر والحصول علي الطاقة اللازمة لإنتاج البخار فـــي محطات توليد الكهرباء [١٥-١٧] وبناء علي ذلك فقد قامت هيئة كـــهرباء مصـــر بإجراء دراسة أولية [١٥-١٦] لإنشاء وحدة تجريبية لتوليد الطاقة الكهربية بقـــدرة ٢٠ ميجاوات بواسطة الحرق المباشر للطفلة الزيتية في مرجل ذي مهد مميع (وهو يعد أفضل تكنولوجيا للحرق المباشر للوقود الصلب منخفض النوعيـــة دون إنتـــاج ملوثات تضر بالبيئة) وتوجد حاليا محطة ريادية شبيهة في إســـرائيل قدرتـــها ١٢ ميجاوات تعمل منذ عام ١٩٨٩.

بناء علي معدلات الاستهلاك الناتجة من الدراسة فقد تبين مبدئيا أن المخـــزون المصرى من الطفلة الزيتية يكفي لتوليد طاقة كهربية تكافئ تلـــك المســـتهلكة فـــي مصر عام ١٩٩٠ (٣٦ مليار كيلووات ساعة) لمدة ٦٠٠ سنة، إلا أن أسعار أنـــواع الوقود الأخرى - بما في ذلك الزيوت الاصطناعيـــة المســـتخرجة مـــن الفحـــم - وتطوير أساليب جديدة أكثر اقتصادية لاستخدام الطفلة الزيتية بالإضافة إلى تكلفـــة حماية البيئة، هي التي ستحدد في نهاية المطاف مستقبل الطفلة الزيتيـــة كمصـــدر للوقود ليس في مصر فقط ولكن في كافة أنحاء العالم.

٤- البيتومين الطبيعى

يعرف البيتومين الطبيعي (الحجر البيتوميني ورمال القار) بأنه خام بـــترول ذو لزوجه عالية جدا ويتكون من رمال أو أحجار رملية تحتوي علي نسبة عالية مـــن

الهيدروكربونات القارية التي يمكن أن يستخرج منها زيت بترولي اصطناعي عن طريق التسخين أو عمليات الاستخراج الأخرى ثم المعالجة كما يشمل أيضا القطران والزيوت الثقيلة بالغة الكثافة واللزوجة التي لا يمكن إنتاج الزيت البترولي منه بالأساليب التقليدية [٢]. وتوجد أهم احتياطيات البيتومين الطبيعي في العالم في كندا والولايات المتحدة الأمريكية وفنزويلا وروسيا الاتحادية وباستثناء كندا وبدرجة أقل روسيا فالبيتومين الطبيعي لا يستخدم حاليا كمصدر لإنتاج الزيت البترولي الاصطناعي.

٤-١ الاحتياطيات

يوجد الحجر البيتوميني في مصر بمنطقة جنوب غرب سيناء وشرق هضبة التيه وتعتبر منطقة وادي الهشم من أهم هذه المواقع أما رمال القار فتوجد في منطقة أبو دربه علي خليج السويس جنوب أبو رديس ويقدر الاحتياطي المبدئي من الخام بحوالي ٢٠٠ مليون متر مكعب [٤].

٤-٢ الاحتمالات المستقبلية للاستغلال

لا توجد حاليا خطط لاستغلال احتياطيات رمال القار والحجر البيتوميني في مصر كمصدر للطاقة ولا يتوقع مع استمرار تدني أسعار البترول الخام أن تصبح هذه الموارد اقتصادية علي المدى المنظور.

٥- الغاز الطبيعي

يتكون الغاز الطبيعي من خليط من الهيدروكربونات مثل الميثان (غاز المستنقعات) والبروبان والبيوتان والبنتان وغازات أخري غير هيدروكربونية منها ثاني أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين والهليوم والنيتروجين والأرجون. وقد تكون الغاز الطبيعي بنفس الآلية التي تكون بها زيت البترول. ويتواجد الغاز الطبيعي في الصخور الرسوبية المسامية محاط بطبقة غير منفذة لمنع تسربه في مصايد تشبه مصايد البترول الخام في حقول خاصة به، أو يتواجد علي هيئة

كبسولة فوق الطبقة الحاملة للبترول والطبقة الحاملة للمياه، أو يتواجد مذابا في البترول [٦].

وقد اكتشف أول وأكبر حقل للغاز الطبيعي في مصر وهو حقل أبو ماض عام ١٩٦٧ وهو يغطي مساحة قدرها ٣٦ كيلو متر مربع. وفي يوليو ١٩٦٩ تم اكتشاف أول حقل غاز بحرى وهو حقل أبو قير، وقد بدأ استغلال الغاز الطبيعي على نطاق تجارى اعتبارا من عام ١٩٧٥.

٥-١ الاحتياطيات

تتواجد حقول الغاز كما يتضح من شكل (٢-١) في مناطق الدلتا والصحراء الغربية وخليج السويس. ويوضح جدول (٥-١) تطور الاحتياطيات والإنتاج والاستهلاك في الفترة ١٩٧٠-١٩٧٥. ويلاحظ أن الاحتياطي المؤكد من الغاز قد ارتفع من ١١١ مليون طن عام ١٩٧٠ إلى ٧٥٥ مليون طن عام ١٩٩٧ بمعدل زيادة سنوية مقدارها ٨,٣% في الوقت الذي زاد فيه الإنتاج من ٧٢ ألف طن إلى ١٠,٥ مليون طن في نفس الفترة أي بمعدل زيادة سنوية مقدارها ١٢٠% وهو ما يدل على ضخامة الاكتشافات من الغاز الطبيعي والاتجاه المتصاعد لزيادة الاحتياطيات.

والواقع أن إجمالي ما أنتج في الفترة ١٩٧٠-١٩٩٧ (١٠٧ مليون طن) يقل قليلا عن الاحتياطيات المؤكدة في عام ١٩٧٠. وهو ما يوضح أن الاحتياطي المؤكد المتوافر في نهاية عام ١٩٩٧ هو حصيلة للجهود الاستكشافية في الفترة الماضية وعلى الأخص السنوات الخمس السابقة (١٩٩٢-١٩٩٧) التي شهدت اكتشافات ضخمة قفزت بالاحتياطي من ٢٩٣ إلى ٧٥٥ مليون طن أو بعبارة أخرى فإن ٦٠% من الاحتياطيات المتوافرة في نهاية عام ١٩٩٧ قد تمت إضافتها في السنوات الخمس السابقة. والاحتياطيات المتوافرة عام ١٩٩٧ تكفي احتياجات مصر حتى عام ٢٠٦٩ بفرض عدم إضافة اكتشافات جديدة واستمرار الإنتاج بنفس معدلات عام ١٩٩٧.

جدول (٥-١)

تطور احتياطات وإنتاج و استهلاك الغاز الطبيعي فى الفترة ١٩٧٠-١٩٩٧

(مليون طن مترى)

السنة	الاحتياطي	الإنتاج	السنوات الباقية	السنة المتوقعة للنفاذ	الاستهلاك	النسبة للإنتاج
١٩٧٠	١١١,٣	٠,٠٧٢	١٥٤٦	٣٥١٦	٠,٠٧٢	١
١٩٧١	١٠٥,١	٠,٠٧٢	١٤٥٩	٣٤٣٠	٠,٠٧٢	١
١٩٧٢	٩٩,١	٠,٠٦٠	١٦٥١	٣٦٢٣	٠,٠٦٠	١
١٩٧٣	٩٣,٥	٠,٠٧٤	١٢٦٤	٣٢٣٧	٠,٠٧٤	١
١٩٧٤	٩١,٣	٠,٠٣٧	٢٤٦٧	٤٤٤١	٠,٠٣٧	١
١٩٧٥	٨٩,٠	٠,٠٣٣	٢٦٩٨	٤٦٧٣	٠,٠٣٣	١
١٩٧٦	٨٠,١	٠,١٠٤	٧٧١	٢٧٤٧	٠,١٠٤	١
١٩٧٧	٧١,٢	٠,٣٥٣	٢٠٢	٢١٧٩	٠,٣٥٣	١
١٩٧٨	٦٩,٠	٠,٥٨٣	١١٨	٢٠٩٦	٠,٥٨٣	١
١٩٧٩	٦٦,٨	٠,٨٦٣	٧٧	٢٠٥٦	٠,٨٦٣	١
١٩٨٠	٦٦,١	١,٦١٦	٤١	٢٠٢١	١,٦١٦	١
١٩٨١	٦٥,٩	١,٨٤٤	٣٦	٢٠١٧	١,٨٤٤	١
١٩٨٢	١٥٩,٨	٢,٠٢٣	٧٩	٢٠٦١	٢,٠٢٣	١
١٩٨٣	١٥٨,١	٢,٣٧٦	٦٧	٢٠٥٠	٢,٣٧٦	١
١٩٨٤	١٧٣,٤	٣,٠٤٦	٥٧	٢٠٤١	٣,٠٤٦	١
١٩٨٥	١٧٥,٧	٣,٧٣٣	٤٧	٢٠٣٢	٣,٧٣٣	١
١٩٨٦	١٩٨,٣	٤,٣٠٦	٤٦	٢٠٣٢	٤,٣٠٦	١
١٩٨٧	٢٢١,٠	٤,٧٨٣	٤٦	٢٠٣٣	٤,٧٨٣	١
١٩٨٨	٢٥٠,٥	٥,١٧٦	٤٨	٢٠٣٦	٥,١٧٦	١
١٩٨٩	٢٧٢,٠	٥,٨٨٩	٤٦	٢٠٣٥	٥,٨٨٩	١
١٩٩٠	٢٧٥,٤	٦,١١٠	٤٥	٢٠٣٥	٦,١١٠	١
١٩٩١	٢٧٨,٨	٦,٩٩٣	٤٠	٢٠٣١	٦,٩٩٣	١
١٩٩٢	٢٩٣,٥	٧,٥٦٤	٣٩	٢٠٣١	٧,٥٦٤	١
١٩٩٣	٤٨٧,٣	٨,٩٧٢	٥٤	٢٠٤٧	٨,٩٧٢	١
١٩٩٤	٥٠٥,٥	٩,٥١٤	٥٣	٢٠٤٧	٩,٥١٤	١
١٩٩٥	٥٠٥,٥	٩,٨٩٨	٥١	٢٠٤٦	٩,٨٩٨	١
١٩٩٦	٦٨٢,٢	١٠,٣٦٤	٦٦	٢٠٦٢	١٠,٣٦٤	١
١٩٩٧	٧٥٤,٨	١٠,٤٨٠	٧٢	٢٠٦٩	١٠,٤٨٠	١

المصدر: الهيئة المصرية العامة للبترول، التقرير السنوى، أعداد متنوعة.

٥-٢ الإنتاج والاستهلاك

ينتج الغاز الطبيعي من ثلاث مناطق كما هو مبين في شكل (٢-١) هي: الدلتا والصحراء الغربية وخليج السويس ويوضح جدول (٦-١) تطور إنتاج الغاز الطبيعي طبقا لإنتاج كل من هذه المناطق. و يتضح من الجدول أن أهم منطقة

لإنتاج الغاز الطبيعي هي الدلتا التي مثل إنتاجها ٤٦% من جملة الإنتاج عام ١٩٩٥. وقد شهدت السنوات الأخيرة زيادة كبيرة في إنتاج الغاز الطبيعي نتيجة لزيادة أنشطة البحث والتنقيب ومن ثم زيادة الاكتشافات بالإضافة إلى تنفيذ العديد من المشروعات لتنمية حقول الغاز المكتشفة واستغلال الغازات المصاحبة لحقول البترول الخام وربطها بمناطق الاستهلاك عبر الشبكة القومية للغازات [١٢].

يتم استهلاك كل الكمية المنتجة من الغاز - بما في ذلك حصة الشريك الأجنبي - محليا. وقد ارتفعت مساهمة الغاز الطبيعي في إجمالي الطاقة الأولية المعروضة في مصر من أقل من ١% عام ١٩٧٥ إلى ما يقرب من ثلث الطاقة الأولية المستهلكة عام ١٩٩٧ كما سنوضح تفصيلا عند مناقشة هيكل استهلاك الطاقة في مصر. ولا يصدر حاليا أي كمية من الغاز الطبيعي، إلا أنة قد تم توقيع اتفاقية مع تركيا عام ١٩٩٦ لتصدير حوالي ٨ مليون طن سنويا من الغاز الطبيعي المسال بحلول عام ٢٠٠٠، كما بدأت المفاوضات مع الأردن بشأن مشروع لتصدير الغاز بواسطة خط أنابيب عبر شبه جزيرة سيناء يبلغ طوله نحو ٢٧٠ كيلومتر ويمتد من عيون موسى بالضفة الشرقية لخليج السويس إلى المنطقة المحيطة بميناء العقبة الأردني. ومن المخطط أن يبدأ المشروع بطاقة ١,٦ مليون طن سنويا عام ٢٠٠١ تتزايد تدريجيا حتى تصل إلى ٣,٢ مليون طن سنويا [١٢].

جدول (٦-١)

تطور إنتاج الغاز الطبيعى طبقا لمناطق إنتاجه فى الفترة ١٩٧٠-١٩٩٥

(مليون طن مترى)

السنة	الدلتا		خليج السويس		الصحراء الغربية		الإجمالى
	الكمية	النسبة المئوية	الكمية	النسبة المئوية	الكمية	النسبة المئوية	
١٩٧٠	٠,٠٧٢	١٠٠	٠	٠	٠	٠	٠,٠٧٢
١٩٧٥	٠,٠٣٣	١٠٠	٠	٠	٠	٠	٠,٠٣٣
١٩٨٠	٠,٨٩٠	٥٥,١	٠	٠	٠,٧٢٦	٤٤,٩	١,٦١٦
١٩٨٥	٢,٢٤٦	٦٠,٢	٠,٥٦٦	١٥,٢	٠,٩٢١	١٦,٦	٣,٧٣٣
١٩٩٠	٣,٩٢٠	٦٤,٢	١,١٦٧	١٩,١	١,٠٢٣	١٦,٧	٦,١١٠
١٩٩٥	٤,٥٨٠	٤٦,٣	٢,٠٢٨	٢٠,٥	٣,٢٨٩	٣٣,٢	٩,٨٩٨

المصدر: الهيئة المصرية العامة للبترول، التقرير السنوي، أعداد متنوعة.

٦- اليورانيوم والطاقة النووية

بدأ العصر النووى بنجاح أول تجربة لإجراء سلسلة محكومة من الإنشطارات النووية في مدينة شيكاغو في ٢ ديسمبر ١٩٤٢ وفي عام ١٩٥١ بدأ معهد الفيزياء وهندسة القوي النووية في روسيا بإنشاء أول مفاعل نووي في العالم لإنتاج الكهرباء بقدرة خمسة ميجاوات في مدينة أوبنينسك الروسية وبدأ إنتاج الكهرباء في ٢٧ يونيو ١٩٥٤. ومنذ ذلك الوقت تزايدت الطاقة الكهربية المولدة من الكهرباء علي مستوي العالم حتى وصلت آخر عام ١٩٩٨الي ما يقرب من ٣٥٠ ألف ميجاوات كما هو مبين في جدول (٧-١) تمثل ١٧% من الكهرباء المنتجة علي مستوى العالم.

الذرة هى أصغر جزء للعنصر يحمل خواصه الكيمائية وهذه الذرات تتكون من أجسام أصغر هي البروتونات والنيترونات والإلكترونات. وكل ذرة تشتمل علي نواه موجبة هي التجمع الحقيقي للمادة وتتكون من البروتونات والنيترونات تدور حولها بسرعة كبيرة أجسام صغيرة ذات شحنات كهربية سالبه هي الإلكترونات. وتتماسك البروتونات موجبة الشحنة داخل النواة بواسطة القوة النووية التي تتغلب علي قوة التنافر بين هذه البروتونات الناتجة عن الشحنة الموجبة في كل منها، أما النيوترونات فهي متعادلة الشحنة الكهربية. وإذا انشطرت الذرة لأي سبب فإنها تنقسم لعنصرين يقل مجموع كتلتيهما عن كتلة الذرة الأصلية وهذا الفرق في الكتلة يتحول إلى مقدار هائل من الطاقة. وكلما زاد عدد البروتونات والنيترونات كلما كان العنصر أكثر قابلية للانشطار. وتستخدم هذه العناصر القابلة للانشطار كوقود بالمفاعلات النووية.

جدول (٧-١)
مفاعلات القوى النووى فى العالم فى نهاية عام ١٩٩٨

الدولة	المفاعلات العاملة		المفاعلات تحت الإنشاء		الكهرباء المنتجة نوويا	
	عدد الوحدات	إجمالى القدرة ميجاوات	عدد الوحدات	إجمالى القدرة ميجاوات	الكمية تيراوات ساعة	النسبة من الإجمالى %
أرمينيا	١	٣٧٦	–	–	١,٤٢	٢٤,٥٩
أسبانيا	٩	٧٣٧٧	–	–	٥٦,٦٨	٣١,٦٦
ألمانيا	٢٠	٢٢٢٨٢	–	–	١٤٥,٢٠	٢٨,٢٩
أوكرانيا	١٦	١٣٧٦٥	٤	٣٨٠٠	٧٠,٦٤	٤٥,٤٢
إيران	–	–	٢	٢١١١	–	–
الأرجنتين	٢	٩٣٥	١	٦٩٢	٦,٩٣	١٠,٠٤
البرازيل	١	٦٢٦	١	١٢٢٩	٣,٣٢٧	١,٠٨
التشيك	٤	١٦٤٨	٢	١٨٢٤	١٢,٣٥	٢٠,٥٠
السلوفاك	٥	٢٠٢٠	٣	١١٦٤	١١,٣٩	٤٣,٨٠
السويد	١٢	١٠٠٤٠	–	–	٧٠,٠٠	٤٥,٧٥
الصين	٣	٢١٦٧	٦	٤٤٢٠	١٣,٤٦	١,١٦
المجر	٤	١٧٢٩	–	–	١٣,١٢	٣٥,٦٢
المكسيك	٢	١٣٠٨	–	–	٨,٨٣	٥,٤١
المملكة المتحدة	٣٥	١٢٩٦٨	–	–	٩١,١٤	٢٧,٠٩
الهند	١٠	١٦٩٥	٤	٨٠٨	١٠,١٥	٢,٥١
الولايات المتحدة	١٠٤	٩٦٤٢٣	–	–	٦٧٣,٧٠	١٨,٦٩
اليابان	٥٣	٤٣٦٩١	٢	١٨٦٣	٣٠٦,٩٤	٣٥,٨٦
باكستان	١	١٢٥	١	٣٠٠	٠,٣٤	٠,٦٥
بلجيكا	٧	٥٧١٢	–	–	٤٣,٨٩	٥٥,١٦
بلغاريا	٦	٣٥٣٨	–	–	١٥,٤٩	٤١,٥٠
تايوان	٦	٤٨٨٤	١	١٣٠٠	٣٥,٤١	٢٤,٧٧
جنوب أفريقيا	٢	١٨٤٢	–	–	١٣,٥٨	٧,٢٥
روسيا	٢٩	١٩٨٥٣	٤	٣٣٧٥	٩٥,٥٨	١٣,٠٨
رومانيا	١	٦٥٠	١	٦٥٠	٤,٩٠	١٠,٣٥
سلوفينيا	١	٦٣٢	–	–	٤,٧٩	٣٨,٣٣
سويسرا	٥	٣٠٧٩	–	–	٢٤,٣٧	٤١,٠٧
فرنسا	٥٨	٦١٦٥٣	١	١٤٥٠	٣٥٨,٤٠	٧٥,٧٧
فنلندا	٤	٢٦٥٦	–	–	٢٠,٩٨	٢٧,٤٤
كازاخستان	١	٧٠	–	–	٠,٠٩	٠,١٨
كندا	١٤	٩٩٩٨	–	–	٦٧,٥٠	١٢,٤٤
كوريا الجنوبية	١٥	١٢٣٤٠	٣	٢٥٥٠	٨٥,١٩	٤١,٣٩
ليتوانيا	٢	٢٣٧٠	–	–	١٢,٢٩	٧٧,٢١
هولندا	١	٤٤٩	–	–	٣,٥٩	٤,١٣

المصدر: الوكالة الدولية للطاقة الذرية

الوقـود النووى السائـد حاليا هو اليورانيوم ويأتي بعده الثوريوم الذي يصلـح كوقود للمفاعلات إلا أنه توجد قيـود علي استخدامه لأنه يتحـول إلـى يورانيـوم ٢٣٥ الذي يمكن أن يستخـدم في أغـراض عسكرية. ويوجـد اليورانيـوم فـي الطبيعـة في ثلاث نظائـر (عناصر لها نفس عدد البروتونات وتختلف في عـدد النيوترونات) والنظـير الأكبر نسبه هو اليورانيـوم ٢٣٨ ويمثـل ٩٩,٣% فـي اليورانيوم الطبيعي وهذا النظير ليس قابلا للانشطار وإن كان خصبا بحيث يمكـن أن يتحول في مفاعل نووي إلى نظير البلوتونيوم ٢٣٩ وهو مادة قابلة للانشطار أما نظير اليورانيوم التالي في النسـبة فـهو اليورانيـوم ٢٣٥ ويشـكل ٠,٧% مـن اليورانيوم ويمثل هذا النظير المادة الطبيعية الملائمة للانشطار النووى. أما نظـير اليورانيوم الثالث في الطبيعة فهو اليورانيوم ٢٣٤ ويوجـد بنسـبة ضئيلـة فـي اليورانيوم الطبيعي. ويفصل اليورانيوم من رواسبه في الطبيعة بدون تغيير لنسـبة النظائر فيه وفي هذه الحالة يسمي يورانيوم طبيعي.

ويمكن تقسيم الخامات التي يمكن استخلاص اليورانيـوم منـها إلـى قسـمين رئيسيين. القسم الأول هو الخامات والمصادر التقليدية ويقصد بها الخامـات التـي تعالج أساسا لاستخلاص عنصر اليورانيوم وهذه الخامات تحتوي علـي واحـد أو أكثر من معادن اليورانيوم الأولية كالبتشبلند أو الثانوية كاليورانوفان ولا تقل نسـبة اليورانيوم فيها عن ١٠٠٠ جزء في المليون. أما القسم الثـاني فـهو الخامـات أو المصادر غير التقليدية ويقصد بها الخامات التي تحتوي علي نسـبة ضعيفـة مـن اليورانيوم والتي تستخدم أساسا لإنتاج مواد أو عناصر أخري غير اليورانيوم ولكن يمكن من خلال خطوات خاصة إنتاج اليورانيوم منها كمنتج ثـانوي، وقـد قـامت الوكالة الدولية للطاقة الذرية ووكالة الطاقة النووية بتقسيم احتياطيات اليورانيوم إلى مراتب حسب درجه التأكد من تقدير كمياتها وهى: الاحتياطيات المؤكـدة بشـكل معقول (RAR) الاحتياطيات الإضافية المقـدرة مـن المرتبـة الأولـى (EAR-I) والاحتياطيات الإضافية المقدرة من المرتبة الثانية (EAR-II) أخـيرا الاحتياطيـات

المخمنة (SR) .وسوف نحاول فيما يلي تقييم مصادر مصر التقليدية وغير التقليدية من اليورانيوم على ضوء هذه التقسيمات.

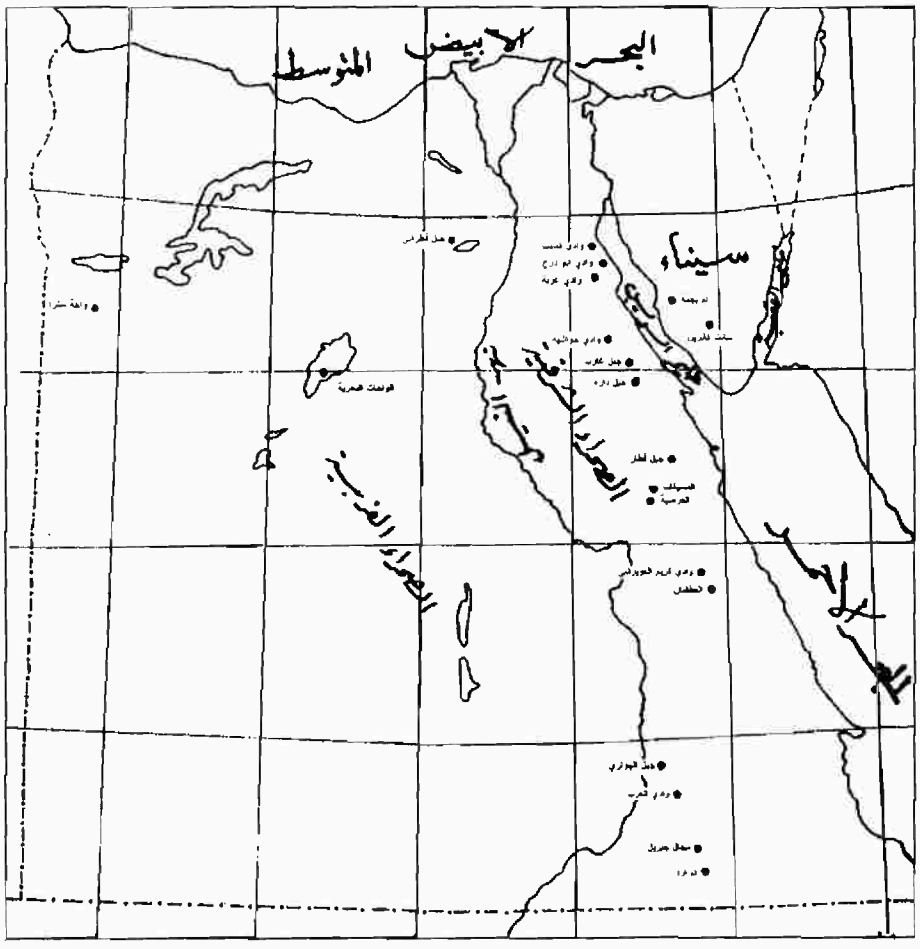
٦-١ الاحتياطيات

٦-١-١ الموارد التقليدية

بدأ المسح الجوى الإشعاعي للبحث عن الخامات المشعة في مصر عام ١٩٥٨ بالتعاون بين قسم الجيولوجيا والخامات الذرية بهيئة الطاقة الذرية (أصبح حاليا هيئة المواد النووية) والقوات الجوية. واعتبارا من عام ١٩٦٥ استخدم أيضا المسح المغناطيسي الجوى الذى يمكن عن طريقه تحديد التراكيب الجيولوجية المختلفة بما في ذلك رواسب خامات اليورانيوم. وقد أسفرت نتائج المسح الإشعاعي والمغناطيسي الجوي عن تحديد العديد من الشاذات الإشعاعية Radiometric Anomalies التي يحتمل تواجد رواسب لمعدن اليورانيوم بها بصورة اقتصادية. وتوضح الخريطة في شكل (٣-١) أهم المواقع المشعة وتمعدنات اليورانيوم في الصحراء الشرقية والصحراء الغربية وسيناء وسوف نتناول بإيجاز فيما يلي أهم هذه المواقع [١٨].

(أ) الصحراء الشرقية.

تعتبر الصحراء الشرقية من أهم المناطق والتي تعتبر هدفا أساسيا للبحث والتنقيب عن المواد النووية لتواجد نوعيات مختلفة بها من الصخور والتراكيب الجيولوجية التي تحتوي علي تمعدنات للمواد النووية وخاصة اليورانيوم [١٨] وفيما يلي استعراض لأهم المناطق المشعة.



شكل (٣-١): المواقع المشعة وتمعدنات اليورانيوم بمصر

جبل قطار:

اكتشفت تمعدنات اليورانيوم بجبل قطار خلال عام ١٩٨٥/٨٤ وتظهر تمعدنات اليورانيوم علي شكل معادن ثانوية تملأ بعض الشقوق والفواصل والصدوع في الصخور الجرانيتية [١٨] وقد أثبتت نتائج التحاليل الكيميائية والإشعاعية والمعدنية أن منطقة جبل قطار تعتبر من أهم المواقع في الصحراء الشرقية، وتبلغ كمية اليورانيوم في بعض عينات الصخور الجرانيتية حوالي ١٤٠٠ جزء في المليون [١٩] وفي خلال الفترة ١٩٩٠ -١٩٩٧ تم حفر ٧٣٥ متر في منجم

استكشافي و ٦٠٠ متر خنادق سطحيه لتتبع واستكشاف تمعدنات اليورانيوم في الكتلة الجرانيتية [٢٠].

المسيكات - العرضية

وتقع جنوب طريق قنا - سفاجا وقد تم اكتشافها عن طريق المسح الإشعاعي الجوي عام ١٩٧١ والدراسات الحقلية عام ١٩٧٦. وتوجد تمعدنات اليورانيوم في الجزء الشمالي من جبل المسيكات علي صورة معادن ثانوية تملأ الشقوق والفواصل الموجودة في عروق السيليكا وقد وصلت نسبة اليورانيوم في بعض العينات المجمعة من منطقة التمعدنات في المنجم الاستكشافي بموقع المسيكات إلى حوالي ٢٤٠٠٠ جزء في المليون. أما في منطقة العرضية فتوجد تمعدنات اليورانيوم في صخور الجرانيت علي هيئة عروق كما يوجد اليورانيوم علي السطح في صورة معادن ثانوية في عروق المرو. وقد صلت نسبة اليورانيوم في بعض عينات الجرانيت السطحية من منطقة التمعدنات في موقع العرضية إلى حوالي ٣١٠٠ جزء في المليون [١٨]. وفي خلال الفترة ١٩٩٠-١٩٩٧ تم عمل ٤٩٥٠ متر مناجم استكشافية وحفر ميكانيكي طولها ١٢٤٣ لتقييم الاحتياطيات المتوافرة في العروق الحاملة لليورانيوم في منطقتي المسيكات والعرضية [٢٠].

جبل أم آرا

تقع هذه المنطقة علي بعد ١٨٠ كيلو متر جنوب شرق أسوان وقد اكتشفت عام ١٩٧١ عن طريق المسح الإشعاعي الجوي وتم تحقيقها حقليا في عام ١٩٧٢. وتوجد تمعدنات اليورانيوم في صورة معادن ثانوية في الجزء الشمالي من المنطقة بين حبيبات الصخور الجرانيتية كما أنها توجد أيضا علي شكل عروق تملأ الفواصل والصدوع وكذلك في صورة حزام يمتد من الشرق إلى الغرب في منتصف الجبل [١٨]. وتظهر التحاليل التي أجريت علي بعض العينات المأخوذة من منطقة أم آرا أنها غنية باليورانيوم والثوريوم حيث أن كمية اليورانيوم تتراوح من ٦٩ إلى ١٣٥٤ جزء في المليون بينما نسبة الثوريوم تتراوح من ٢٩ إلى ٤٠٢

جزء في المليون [٢١]. وفي خلال الفترة ١٩٩٠-١٩٩٧ تم عمل ٢٥٠٠ متر خنادق سطحية و ٢٤٠ متر حفر ميكانيكي ويجري حاليا الحفر علي مسافات متقاربة لتقييم رواسب اليورانيوم الموجودة في الشقوق والصدوع [٢٠].

(ب) الصحراء الغربية

اكتشفت في الواحات البحرية بعض تمعدنات اليورانيوم في جبل الهفهوف علي طرق البحرية - الفرافرة بواسطة المسح الإشعاعي الجوي وتم تحقيقه علي الأرض في عام ١٩٧٨. كما تم اكتشاف بعض الرسوبيات التي تحتوي علي نسبة من اليورانيوم أقصاها ١٠٠ جزء في المليون في واحة سترا جنوب غرب منخفض القطارة في شمال الصحراء الغربية [١٨]. إلا أن الصحراء الغربية من المناطق التي لم يثبت بها حتى الآن احتمالات وجود رواسب كبيرة من تمعدنات اليورانيوم.

(جـ) سيناء

في أثناء الستينات أدى المسح الإشعاعي الجوي إلى اكتشاف بعض الشاذات الإشعاعية في منطقة وسط غرب سيناء إلا أن الأنشطة الاستكشافية توقفت في أعقاب احتلال سيناء عام ١٩٦٧ وحتى عام ١٩٨٤. ويمكن تقسيم المواقع التي سجلت بها تركيزات عالية إلى منطقتين هما أم بجمة وسانت كاترين (شكل ٣-١). تقع منطقة أم بجمة في وسط غرب سيناء وتعتبر من المناطق ذات الأهمية الخاصة من حيث وجود تمعدنات اليورانيوم والثوريوم وخاصة موقعي علوجة وأبو ثور. وتختلف نسب اليورانيوم والثوريوم في عينه من منطقة العلوجة إلى ٥٠٨٣ جزء في المليون بينما نسبة الثوريوم في نفس العينة تصل إلى ٢٨٨ جزء في المليون. أما منطقة سانت كاترين فتعتبر أقل أهمية من ناحية المواد النووية عند مقارنتها بمنطقة أم بجمة [١٨]. وحتى الآن لم يتم تقييم الاحتياطي في سيناء بطريقة دقيقة مع فصل الطبقات التي يسود فيها عنصر اليورانيوم والطبقات التي يسود فيها عنصر الثوريوم والطبقات التي يسود فيها الاثنان معا [١٨].

استخراج اليورانيوم من الخامات التقليدية:

تم في عام ١٩٨٨ إنشاء وحدة نصف صناعية بمقر هيئة المواد النووية بإنشاص لمعالجة الخامات التقليدية [١٨]. إلا أنه حتى الآن لم يتم تقييم الاحتياطيات من حيث الحجم والدرجة والتركيب بحيث يمكن تحديد الكميات التي يمكن استخراجها بتكلفة معروفة باستخدام تكنولوجيات وعمليات الاستخراج المتاحة حاليا [٢٠].

٦-١-٢ الموارد غير التقليدية

هناك بعض الخامات الاقتصادية التي تحتوي علي نسبة قليلة من اليورانيوم بجانب عنصر آخر (أو اكثر) والتي تستغل أساسا لتصنيع هذا العنصر الأخر. ولكن يمكن بإضافة إحدى العمليات إلى عملية التصنيع الرئيسية استخلاص اليورانيوم كمنتج ثانوي بجانب المنتج الرئيسي. وتمثل خامات الفوسفات والرمال السوداء أهم هذه المصادر علي الإطلاق وسوف نستعرض فيما يلي بإيجاز آفاق استخراج اليورانيوم كمنتج ثانوي من هذين المصدرين في مصر.

(أ) استخراج اليورانيوم من الفوسفات

توجد خامات الفوسفات ذات الأهمية الاقتصادية في مصر في نطاق حزام فسيح يمتد من البحر الأحمر شرقا إلى الواحات الداخلة غربا. وتعتبر مصر من الدول ذات الموارد غير المحدودة من خامات الفوسفات المنخفضة الجودة والتي تحتاج إلي عمليات تجهيز وتركيز لرفع جودتها لتتناسب مع متطلبات صناعة الأسمدة محليا أو متطلبات الأسواق الخارجية للتصدير [٤]. ويمكن تقسيم مواقع خامات الفوسفات إلي ثلاث مناطق رئيسية هي:

- **البحر الأحمر:** وتقدر الاحتياطيات التعدينية المؤكدة به بحوالي ٣٠ مليون طن والاحتياطيات الجيولوجية بحوالي ٦٠ مليون طن.
- **وادي النيل:** وتقدر الاحتياطيات التعدينية المؤكدة به بحوالي ٧٠ مليون طن والاحتياطيات الجيولوجية بحوالي ٣٥٠ مليون طن.

- **<u>الوادي الجديد (أبو طرطور):</u>** وتقدر الاحتياطيات التعدينية المؤكدة به بحوالي ٧٠٠ مليون طن والاحتياطيات الجيولوجية بحوالي ٢٦٠٠ مليون طن.

وعلي هذا فإن الاحتياطيات التعدينية المؤكدة في مصر تبلغ حوالي ٨٠٠ مليون طن أما الاحتياطيات الجيولوجية فتبلغ ٣٠٠٠ مليون طن وباعتبار أن طن الفوسفات يحتوي علي ٧٠ جرام يورانيوم فإن محتوي الاحتياطيات التعدينية المؤكدة يبلغ حوالي ٥٠ ألف طن يورانيوم.

تعتمد الطرق التكنولوجية لاستخلاص اليورانيوم من الفوسفات كمنتج ثانوى علي معالجة خامات الفوسفات لإنتاج حمض الفوسفوريك الذي يضاف بعد ذلك إلى كمية أخرى من الخام لإنتاج سماد السوبر فوسفات الثلاثي، وخلال هذه العملية فإن اليورانيوم المصاحب لخامات الفوسفات يذوب بسهولة في حمض الفوسفوريك ويتم استخلاصه من الحمض باستخدام أحد المذيبات العضوية الذي يضاف إلى الحمض حيث ينتقل اليورانيوم إلى المذيب العضوي ويتم استخلاصه وتنقيته في دائرة خاصة [١٨].

قامت هيئة المواد النووية بإجراء دراسة جدوى لاستخراج اليورانيوم كمنتج ثانوي في مصنع شركة أبو زعبل للأسمدة والمواد الكيماوية وانتهت لمشروع شامل يعتمد أساسا علي مضاعفة الإنتاج السنوي لحمض الفوسفوريك ليصل إلى ١٠ آلاف طن خامس أكسيد الفوسفور وما يتتبع ذلك من إنشاء وحدات إنتاجية لمشتقات فوسفاتية جديدة تعتمد علي الحامض النقي علاوة علي خط إنتاج اليورانيوم بطاقة إنتاجية تصل إلي ٣٥ طن أكسيد يورانيوم سنويا [٢٢]. وطبقا للتقديرات المقدمة إلى الوكالة الدولية للطاقة الذرية[٢٠] فإن موارد إنتاج اليورانيوم من الفوسفات يمكن أن تصل إلى ٣٠٠٠ طن يورانيوم من الاحتياطيات الإضافية المقدرة من الدرجة الثانية(EAR-II) بالإضافة إلي ٣٠٠٠ طن أخرى من الاحتياطيات المخمنة(SR).

(ب) استخراج اليورانيوم من الرمال السوداء

تمثل الرمال السوداء المنتشرة في مصر على طول ساحل البحر الأبيض المتوسط والتي تتركز أساسا في شمال الدلتا المصرية بين منطقتي رشيد ودمياط مصدرا هاما لبعض المعادن الاقتصادية التي تستخدم إما لتصنيع الوقود النووي أو مواد المفاعلات الأخرى. ويأتي علي قمة هذه المعادن معدن المونازيت والزركون والروتيل. وبعد إغلاق مصنع شركة الرمال السوداء بالإسكندرية بسبب الخسائر المتوالية التي أصيبت بها، والذي كان يقوم بفصل هذه المعادن كمنتج ثانوى، أصبح العبء كاملا علي هيئة المواد النووية في فصل وتصنيع المعادن الاقتصادية ذات الاهتمام النووي من الرمال السوداء [١٨].

تفيد الدراسات التي قامت بها هيئة المواد النووية لتصنيع الرمال السوداء بشاطئ رشيد لإنتاج المعادن ذات الاهتمام النووي إلى أنه يمكن إنتاج ٣٠٠ طن أكسيد ثوريوم في السنة و٢٥ طن أكسيد يورانيوم في السنة لمدة عشر سنوات من الرمال السوداء برشيد [١٨]. وتفيد البيانات المقدمة إلى الوكالة الدولية للطاقة الذرية [٢٠] إلي أن احتياطيات اليورانيوم في المونازيت المستخرج من الرمال السوداء يمكن أن يصل إلى ١٠٠٠ طن من الاحتياطيات الإضافية المقدرة من الدرجة الثانية (EAR-II) بالإضافة إلى ١٠٠٠ طن أخري من الاحتياطيات المخمنة (SR).

٦-٢ إمكانيات إنتاج اليورانيوم واستخدام الطاقة النووية فى مصر

تم في عام ١٩٨٨ إنشاء وحدة نصف صناعية بمقر هيئة المواد النووية بإنشاص لمعالجة الخامات التقليدية [١٨] إلا أنه حتى الآن لم يتم تقييم الاحتياطيات من هذه الخامات التقليدية من حيث الحجم والدرجة والتركيب بحيث يمكن تحديد الكميات التي يمكن استخراجها بتكلفة معروفة باستخدام تكنولوجيات وعمليات الاستخراج المستخدمة حاليا [٢٠].

تم الانتهاء من إنشاء وحدة نصف ريادية Semi-Pilot Plant لاستخراج اليورانيوم من حمض الفوسفوريك في عام ١٩٩٨ بطاقة إنتاجية ١٥ متر مكعب

حامض في اليوم يحتوي علي ٦٥ جزء في المليون من اليورانيوم كما تم إعداد مشروع لمعالجة الرمال السوداء بطاقة قدرها ٢٠٠ متر مكعب في اليوم لإنتاج ٦٠ طن أكسيد ثوريوم سنويا و٥ طن أكسيد يورانيوم سنويا [٢٠].

أما فيما يخص استخدام الطاقة النووية لتوليد الكهرباء وإزالة ملوحة مياه البحر للمساهمة في نقص موارد مصر من الطاقة الأولية والمياه العذبة على حد سواء، فقد كانت مصر من أوائل الدول النامية التي أدركت أهمية الطاقة النووية واستخداماتها السلمية منذ أوائل الخمسينات، حيث أنشئت لجنة الطاقة الذرية عام ١٩٥٥ ثم أنشئت مؤسسة الطاقة الذرية عام ١٩٥٧ وتم بناء أول مفاعل بحثي في إنشاص بطاقة ٢ ميجاوات عام ١٩٦١ بمساعدة الاتحاد السوفيتي كما تم بناء المفاعل البحثي الثاني في إنشاص بطاقة ٢٢ ميجاوات عام ١٩٩٧ بمساعدة الأرجنتين.

حاولت مصر ثلاث محاولات كبرى لإنشاء محطات نووية لتوليد الكهرباء إلا أنها جميعا لم تنجح نتيجة لأوضاع دولية ومحلية معقدة. ففي عام ١٩٦٤ طرحت مصر مناقصة لإنشاء محطة نووية لتوليد الكهرباء قدرتها ١٥٠ ميجاوات (١٥٠ ألف كيلووات) وتحلية المياه بمعدل ٢٠ ألف متر مكعب في اليوم، إلا أن هزيمة ١٩٦٧ أوقفت هذه المحاولة. وبعد حرب ١٩٧٣ طرحت مصر في عام ١٩٧٤ مناقصة لإنشاء محطة نووية لتوليد الكهرباء قدرتها ٦٠٠ ميجاوات كان من المزمع تنفيذها بواسطة شركة أمريكية، ولكن الولايات المتحدة طلبت عام ١٩٧٨ إدخال شروط جديدة على اتفاقية التعاون النووي مع مصر تشمل التفتيش الأمريكي على المنشآت النووية المصرية كشرط لتنفيذ المشروع وهو ما اعتبرته الحكومة المصرية ماسا بالسيادة ورفضته. وقد أدى ذلك إلى توقف المشروع وإلى قرار الحكومة التصديق على اتفاقية حظر انتشار الأسلحة النووية عام ١٩٨١. أما المحاولة الثالثة فقد كانت في عام ١٩٨٣ حين طرحت مصر مواصفات مناقصة لإنشاء محطة نووية لتوليد الكهرباء قدرتها ٩٠٠ ميجاوات إلا أنها توقفت عام ١٩٨٦ وكان التفسير الرسمي لذلك هو المراجعة للتأكد من أمان المفاعلات بعد حادث تشيرنوبيل.

كانت المحطة النووية التي ستنشأ في مصر من نوع يختلف تماما عن النوع المستخدم في تشيرنوبيل مما يوحي بأن التبرير الرسمي لإيقاف البرنامج كان مجرد تبرير لحفظ ماء الوجه وأن البرنامج قد توقف نتيجة لضغوط خارجية تتمثل في معارضة البنك الدولي والضغوط الأمريكية لمقاومة إدخال المحطات النووية إلى الشرق الأوسط قبل إعادة ترتيب أوضاعه. وكمثال علي ذلك البيان الذي أصدره بنك الاستيراد والتجارة الأمريكي EXIM Bank عام ١٩٨٥ والذي حذر فيه من تمويل محطات نووية في مصر باعتبارها بلدا مفلسا، وهو ما يعيد للأذهان موقف البنك الدولي من تمويل مشروع السد العالي في الخمسينات.

رغم ذلك فقد تلعب المحطات النووية دورا هاما في بعض السيناريوهات (أنظر الباب العاشر) لمواجهة الاحتياجات المستقبلية لمصر من الطاقة الكهربية وكمصدر للطاقة لتكنولوجيات إزالة ملوحة مياه البحر. وذلك لأنها لا زالت البديل الوحيد قيد التشغيل التجاري للطاقة الأحفورية (البترول والغاز الطبيعي والفحم) - الناضبة والمحدودة في مصر - والذي ثبت من خلال أكثر من أربعين سنة من التشغيل علي مستوي العالم جدواه الاقتصادية وقدرته العملية علي توفير الطاقة بالكميات المطلوبة، إضافة إلى أنه لا ينتج عنه انبعاثات ضارة بالبيئة كالغازات التي تسبب الاحتباس الحراري والأمطار الحمضية. وكما يلاحظ من جدول (٧-١) فإن الطاقة النووية توفر نسبة هامة من احتياجات بعض البلدان الصناعية من الكهرباء مثل فرنسا(٧٥%) والسويد(٤٦%) وكوريا الجنوبية (٤١%) كما يلاحظ اتجاه كل الدول التي تحقق معدلات عالية في التنمية لبناء مفاعلات نووية مثل الصين والهند وتايوان وكوريا الجنوبية ولا يتوقع إذا ما زادت معدلات التنمية في مصر واكتسبت قضايا الحفاظ علي البيئة وحمايتها المكانة الهامة التي تستحقها، أن تختلف اختيارات مصر لمصادر الطاقة كثيرا عن البلدان النامية التي سبق الإشارة إليها.

٧- الطاقة المائية

تعد طاقة المساقط المائية من أقدم صور الطاقة التي استخدمها الإنسان لتوليد الطاقة الميكانيكية اللازمة لاستخداماته مثل إدارة المطاحن ورفع المياه وغيرها. وقد بدأ استخدامها في توليد الكهرباء منذ أكثر من قرن ومن أهم مميزاتها أنها مصدر متجدد للطاقة وأن تكاليف تشغيلها منخفضة رغم تكلفتها الاستثمارية العالية. وبشكل عام أينما وجدت الظروف الطبيعية الملائمة فإن إنشاء محطة مائية لتوليد الكهرباء يكون علي الأغلب أفضل اختيار لتوليد الكهرباء. وقد بدأ استخدام الطاقة المائية لتوليد الكهرباء في مصر عام ١٩٦٠ حينما تمت كهربة خزان أسوان الذى أنشئ أساسا للتحكم في مياه الرى.

٧-١ الإمكانات

توجد في مصر ثلاث مناطق يمكن استخدامها لتوليد الكهرباء من المساقط المائية وهي:

- نهر النيل
- مواقع الضخ والتخزين بالبحر الأحمر
- منخفض القطارة

وسوف نوضح فيما يلي بإيجاز إمكانيات كل من هذه المناطق:

٧-١-١ نهر النيل

أقيمت عدة منشآت علي نهر النيل للتحكم في مياه الري ونتج عن ذلك وجود فرق في منسوب المياه أمام وخلف هذه المنشآت. ومن أهم هذه المنشآت السد العالي الذي يبلغ فرق المنسوب عبره حوالي ٦٥ متر وخزان أسوان الذى يبلغ فرق المنسوب عبره حوالي ٢٠ متر. كما توجد مجموعة من القناطر التي يتراوح فرق المنسوب عبرها بين متر واحد وخمسة أمتار ويوضح جدول (٨-١) القدرات الاسمية لمحطات التوليد المائية التي تم إنشائها فعلا للاستفادة من الطاقة المائية لنهر النيل.

جدول (٨-١)

القدرات الاسمية لمحطات التوليد المائية وتاريخ إنشائها

المحطة	بيان الوحدات	إجمالى القدرة الاسمية (ميجاوات)	تاريخ الإنشاء
خزان أسوان(١)	١١,٥×٢ + ٤٦×٧	٣٤٥	١٩٦٠
السد العالي	٧٥×١٢	٢١٠٠	١٩٦٧
خزان أسوان (٢)	٦٧,٥×٤	٢٧٠	١٩٨٦-٨٥
إسنا	١٥×٦	٩٠	١٩٩٥
نجع حمادي الصغيرة	١,٧×٣	٥	١٩٩٨
الإجمالـــى	--	٢٨١٠	-

المصدر: هيئة كهرباء مصر، "التقرير السنوى للإحصاءات الكهربية ١٩٩٨/١٩٩٧"، القاهرة ١٩٩٩.

تبلغ المسافة بين القاهرة وأسوان حوالي ٩٤٠ كيلو متر ويبلغ الفرق الإجمـالي في المنسوب بينهما حوالي ٧٥ متر يمكن إقامة ٦ محطات لتوليد الكهرباء للاستفادة من هذا الفرق في المنسوب، ثلاثة منها في القناطر المقامة فعلا في أســنا ونجــع حمادي وأسيوط والثلاث الأخرى في القناطر المزمع إقامتها فــي قفــط وســوهاج وديروط. ويوضح المهندس/ كمال حامد الرئيس الأسبق لهيئة كــهرباء مصــر أن هناك إمكانيات إضافية لتوليد كميات صغيرة مــن الكــهرباء مــن قنــاطر الدلتــا والأهوسة المنشأة علي الترع في الصعيد والدلتا والفيوم [٢٣]. ويوضــح الجــدول (٩-١) قدرات محطات التوليد المائية التي يمكن إضافتها للقدرات الحالية ويتضــح من الجدولين (٨-١) و(٩-١) أن إجمالي القدرات الاسمية لمحطات توليد الكــهرباء الممكن إقامتها علي نهر النيل يبلغ حوالي ٣١٧٠ ميجاوات تم فعلا اســتغلال مــا يقرب من ٩٠% منها.

جدول (٩-١)
قدرات التوليد المائى الممكنة (ميجاوات)

الموقع	فرق المنسوب	القدرة الاسمية
قناطر قفط		٧٥
قناطر نجع حمادي	٤	٥٠
قناطر سوهاج		٨٥
قناطر أسيوط	٤,٥	٤٠
قناطر ديروط		٦٥
المحطات الصغيرة	١-٥	٤٥
الإجمالـــى		٣٦٠

٧-١-٢ محطات الضخ والتخزين

تقوم الفكرة الأساسية لهذه المحطات علي استخدام الطاقة الكهربائيـــة الزائـــدة بالشبكة الكهربية الموحدة في فترات الأحمال المنخفضة في رفع الميـــاه إلـــى خزانـــات مشيدة أعلي الجبال للاستفادة منها في أوقات ذروة الأحمال عن طريق السماح للمياه المخزونة بالسقوط علي توربينات مائية لتوليد الكهرباء المطلوبة. وتعـــد محطـــات الضخ والتخزين أفضل اختيار في المستقبل المنظور للتخزين المؤقت لكميات كبيرة من الطاقة وهي بهذا تعتبر أداة لتحسين أداء وكفاءة تشـــغيل محطـــات الأحمـــال الأساسية Base-load Stations القائمة فعلا وذلك للأسباب التالية:

- زيادة التحكم في القدرة وذبذبة التيار الكهربي بالشبكة.
- الاستجابة اللحظية للتغير في الأحمال.
- توفير احتياطي لتوليد الكهرباء لعدة ساعات.
- الاستفادة السريعة من الطاقة الكهربائية الزائدة في الشبكة.

لكل هذه الأسباب فإن إجمالي القدرة المركبة لمحطات الضخ والتخزين علـــي مستوى العالم قد وصلت إلى ٩٠ جيجاوات (٩٠ مليون كيلووات) [٢].

توجد عدة مواقع تصلح للضخ والتخزين في جبال البحر الأحمر التي تـــتراوح ارتفاعاتها من ٢٠٠ إلى٦٠٠ متر وقد تم تحديد ثلاثة مواقع فـــي جبـــل الجلالـــة البحرية التي تقع علي بعد ٤٠ كيلو متر جنوب مدينة السويس وأربعة مواقع فـــي

جبل عتاقة علي بعد ٢٠ كم جنوب مدينة السويس وقد أوضحت الدراسات الأولية أن جميع هذه المواقع تحتاج إلى أعمال حفر لإنشاء خزانات أعلي هذه الجبال. كما تم تحديد ثلاثة مواقع باعتبارها أكثر جدوى وعملية من المواقع الأخرى منها موقعان في الجلالة البحرية يسمحان بإنشاء محطتين قدرتيهما ١٠٠٠ ميجاوات و ١٩٠٠ ميجاوات وموقع في جبل عتاقة يسمح بإنشاء محطة قدرتها ١٤٠٠ ميجاوات [٢٣].

تخطط وزارة الكهرباء والطاقة لطرح محطة جبل عتاقة للضخ والتخزين في مناقصة للإنشاء بنظام البناء -التملك-التشغيل- ثم نقل الملكية المعروف اختصارا باسم BOOT. ويقوم المشروع علي ضخ المياه العذبة من ترعة السويس وتتكون المحطة من خزان علوي وخزان سفلي بفرق سقوط يصل إلى ٦٠٠ متر ويتم الضخ والتوليد من خلال أربعة وحدات توربينية عكسية الحركة (أي يمكن أن تعمل كتوربينة أو كمضخة) قدرة الواحدة منها ٣٥٠ ميجاوات.

٧-١-٣ منخفض القطارة

يقع منخفض القطارة في منتصف المسافة تقريبا بين وادي النيل والحدود الليبية وتبلغ مساحته الواقعة تحت مستوي سطح البحر حوالي ٢٠ ألف كيلو متر مربع ويبلغ طوله حوالي ٣٠٠ كيلو متر. وقد ظهرت فكرة استغلال الفرق الضخم في المنسوب بين مستوي البحر والمنخفض في توليد الكهرباء عام ١٩١٦ علي يد الدكتور أ. بنك A. Penk أستاذ الجغرافيا في جامعة برلين ثم قام الدكتور/ جون بول John Ball مدير المساحة الصحراوية بمصر في الفترة ١٩٢٧-١٩٣٣ بعمل دراسات تفصيلية للمشروع ومنذ ذلك الوقت أجريت دراسات تفصيلية لعدة بدائل لتنفيذ المشروع.

الفكرة الرئيسية للمشروع هي توصيل مياه البحر الأبيض المتوسط إلى منخفض القطارة سواء عن طريق شق قناة أو حفر نفق خلال المنطقة الصخرية التي تفصل بينهما واستغلال سقوط المياه في المنخفض لتوليد الكهرباء. ويتطلب نجاح المشروع التغلب علي مشكلتين رئيسيتين في تنفيذ المشروع وتشغيل المحطة. أهم مشكلة في تنفيذ المشروع هي الحفر في منطقة صخرية لمسافات طويلة تتراوح ما بين ٧٥ و ٩٠ كيلو متر علي حسب المسار وفي منتصف السبعينات طرحت

فكرة ما يسمي باستخدام التفجيرات النووية النظيفة لحفر قناة تصل بين البحر المتوسط بالقرب من العلمين ومنخفض القطارة وهو أسلوب لم يستخدم أبدا في أي بلد من بلدان العالم حتى الآن لما يحتويه من أخطار شديدة، ومن ثم صرف النظر عنه.

أما المشكلة الثانية والخاصة بتشغيل محطة توليد الكهرباء فتنجم عن حقيقة أن المنخفض مغلق من جميع الجهات ومن ثم فسوف يمتلئ تدريجيا بالمياه ونظرا لأن التوربينات المركبة لا يمكن تشغيلها إذا ما ارتفع المنسوب أعلي من ٦٠ متر تحت سطح البحر فإنه عند الوصول إلى هذا المنسوب سوف يتم تخفيض كمية المياه الساقطة إلى المنخفض (ومن ثم كمية الكهرباء المولدة) إلى تلك التي تتبخر من مياه البحيرة الناشئة في المنخفض للحفاظ علي منسوب المياه فيها. تمت آخر دراسة للمشروع عام ١٩٨١ بواسطة شركة SWECO التي سلمت تقريرها عن المشروع عام ١٩٨٣ إلى وزارة الكهرباء والطاقة [٢٣]. وكان المشروع يقوم علي إنشاء محطة مائية لتوليد الكهرباء قدرتها ١٨٠٠ ميجاوات تعمل لمدة ٨ ساعات يوميا لمواجهة أحمال الذروة ويتم تخفيض فترة التشغيل تدريجيا لتصل إلى حوالي ٥ ساعات يوميا بعد ٢٠ سنة وقد أثبتت هذه الدراسة أن هذا المشروع سوف ينتج كهرباء أرخص من تلك الناتجة باستخدام الوقود التقليدي إذا ما زاد سعر البترول عن ٢٩ دولار للبرميل (بأسعار ١٩٨١). لكل ما تقدم من مصاعب واعتبارات فنية، ونظرا لصغر كمية الطاقة المولدة بالمقاييس الحالية بالإضافة إلى المخاوف من التغيرات البيئية التي سيحدثها المشروع فليس من المتوقع أن يتم تنفيذ مشروع منخفض القطارة علي المدى المنظور.

٧-٢ الاستغلال الحالى

تنتج الكهرباء من المحطات المائية المقامة علي نهر النيل والمبين في جدول (٨-١). ويوضح جدول (١٠-١) تطور الإنتاج من المحطات المائية في الفترة ١٩٧٠-١٩٩٧ والوفر في الوقود المستخدم في المحطات الحرارية نتيجة لاستغلال الطاقة المائية. ويلاحظ التذبذب في الطاقة الكهربية المولدة نتيجة للتذبذب في الإيراد السنوي لمياه النيل وخضوع الكميات المنصرفة من السد العالي لتعليمات وزارة الأشغال والموارد المائية. وقد انخفض الوفر في الوقود المستخدم في

المحطات الحرارية نظرا لتحسن كفاءة المحطات الحرارية حيث انخفضت كمية الوقود اللازمة لإنتاج الطاقة من ٣٥٣جم/كيلووات.ساعة عام ١٩٧٠ إلى ٢٢٣جم/كيلووات.ساعة عام ١٩٩٧.

جدول (١٠-١)
تطور استغلال الطاقة المائية فى مصر

السنة	القدرة المركبة (ميجاوات)	التوليد (جيجاوات.ساعة)	استهلاك الوقود (جم/ك.و.س)	الوفر في الوقود (ألف طن مازوت)
١٩٧٠	٢٤٤٥	٥٢١٠,٠	٣٥٣	١٨٠٧
١٩٧١	٢٤٤٥	٥٠٤١,٠	٣٥٣	١٧٧٩
١٩٧٢	٢٤٤٥	٥١٥٩,٠	٣٥٣	١٨٢١
١٩٧٣	٢٤٤٥	٥١٦١,٥	٣٥٣	١٨٢٢
١٩٧٤	٢٤٤٥	٦١٢١,٥	٣٥٤	٢١٦٧
١٩٧٥	٢٤٤٥	٦٧٩٠,٣	٣٥٣	٢٣٩٧
١٩٧٦	٢٤٤٥	٨٠٠٢,٣	٣٤٥	٢٧٦١
١٩٧٧	٢٤٤٥	٩٠٣٧,٥	٣٣٧	٣٠٤٦
١٩٧٨	٢٤٤٥	٩٩٣٥,١	٣٤٦	٣٤٣٨
١٩٧٩	٢٤٤٥	٩٦٠٨,٣	٣٤٠	٣٢٦٧
١٩٨٠	٢٤٤٥	٩٨٠١,٣	٣٤٠	٣٣٣٢
١٩٨١	٢٤٤٥	١٠٢١٥,١	٣٤٤	٣٥١٤
١٩٨٢	٢٤٤٥	١٠٤٨٤,٢	٣٤٢	٣٥٨٩
١٩٨٣	٢٤٤٥	٩٨١٦,٥	٣٣١	٣٢٤٩
١٩٨٤	٢٤٤٥	٩٦٣٢,٦	٣١٤	٣٠٢٥
١٩٨٥	٢٦٤٧	٨٦٦٢,٧	٢٩٥	٢٥٥٥
١٩٨٦	٢٧١٥	٩٢٨٠,٦	٢٨٥	٢٦٤٥
١٩٨٧	٢٧١٥	٨٦٠٧,٦	٢٧٩	٢٤١٥
١٩٨٨	٢٧١٥	٩٧٩٠,٤	٢٧١	٢٣٨٦
١٩٨٩	٢٧١٥	٩٦٤٨,٣	٢٦٥	٢٥٥٦
١٩٩٠	٢٧١٥	٩٨٥٣,٣	٢٦٢	٢٥٨٢
١٩٩١	٢٧١٥	٩٩٦٨,٢	٢٦١	٢٦٠٢
١٩٩٢	٢٧١٥	١٠٣٤٤,٩	٢٥٠	٢٥٨٥
١٩٩٣	٢٧١٥	١٠٧٢٨,٥	٢٣٥	٢٥٢٠
١٩٩٤	٢٧١٥	١١١٩٢,٢	٢٢٨	٢٥٥٢
١٩٩٥	٢٨٠٥	١١٤٨٣,٨	٢٢٥	٢٥٨٤
١٩٩٦	٢٨٠٥	١١٧٧٠,٥	٢٢٣	٢٦٢٥
١٩٩٧	٢٨٠٥	١٢١٠٤,١	٢٢٣	٢٧٠٥

المصدر: هيئة كهرباء مصر، تقرير الإحصاء السنوى، أعداد متفرقة.

* السنوات ١٩٨٨-١٩٩٧ متوسطات لسنتين ماليتين.

٨- الخث

يتكون الخث Peat من مواد خضرية متحللة جزئيا تراكمت طبقاتها في بيئة مائية مشبعة. وتتواجد احتياطياته في حوالي خمسين دولة ليس من بينها مصر والدولة الوحيدة في الشرق الأوسط التى تمتلك احتياطيات من الخث هي إسرائيل التى تقدر احتياطياتها القابلة للاستخراج بحوالى ٣٨٦ مليون طن ولا يستخدم الخث كمصدر للطاقة إلا في ١٣ دولة [٢]. وحتى الآن لم يتم اكتشاف أى مواقع للخث في مصر وعموما فإن الخث يعد من أنواع الوقود الصعبة الاستخراج والاستخدام وفى معظم الأحوال لا يمكنه منافسة البترول أو الفحم من الناحية الاقتصادية.

٩- الخشب والفحم النباتى

يعد الخشب سواء ما يحرق منه أو ما يحول منه إلى فحم نباتي من أقدم أنواع الوقود في العالم وأكثرها انتشارا فهو يستخدم علي نطاق واسع في بلدان العالم الثالث لتوفير الاحتياجات المنزلية من الطاقة في المناطق الريفية كما أنه يوفر نسبة لا يستهان بها من الاحتياجات المنزلية والصناعات الصغيرة في المناطق الحضرية. وترتبط درجة الاعتماد علي الخشب كمصدر للطاقة علي المستوي القومي بدرجة التطور الاقتصادي للدولة. ولا تمتلك مصر الغابات التي يمكن أن توفر لها الخشب ومع ذلك تشير إحصاءات مجلس الطاقة العالمي [٢] إلى أن إنتاج مصر من الفحم النباتي قد تزايد من حوالي ١,٤ مليون طن عام ١٩٨٧ إلى ١,٩ مليون طن عام ١٩٩٦ بمعدل زيادة سنوية مقدارها ٣,٥%.

١٠- الكتلة الحيوية

يتم تخزين الطاقة الشمسية في صورة كتلة حيوية عبر عملية التمثيل الضوئي في النبات وتعادل هذه الكمية المختزنة سنويا ما يعادل عشرة أمثال جميع أنواع الطاقة الأخرى المستهلكة علي مستوي العالم. وتشمل الكتلة الحيوية جميع المخلفات العضوية النباتية والحيوانية بما في ذلك مخلفات الإنسان. ويعد استخدام الكتلة الحيوية المصدر الرئيسي للطاقة في البلدان النامية حيث يوفر أكثر من ثلث

احتياجاتها من الطاقة وهي تمثل المصدر الرئيسي للطاقة لأكثر من ٢,٥ مليار إنسان [٢].

تتعدد تكنولوجيات معالجة واستخدام الكتلة الحيوية بشكل كبير على حسب المصادر المتوفرة من مخلفات زراعية أو حيوانية ولكن يمكن إدراج عمليات تحويل الكتلة الحيوية لصورة مفيدة من الطاقة تحت قسمين رئيسيين هما:

١- أسلوب المعالجة الحرارية وهو يناسب المخلفات الصلبة وبصفة خاصة المخلفات النباتية ولا ينتج عن هذه العمليات سماد عضوي.

٢- أسلوب المعالجة البيولوجية أو التخمير اللاهوائي لإنتاج الغاز العضوي Bio-gas وأيضا لإنتاج سماد ذو قيمة عضوية عالية شبه خال من الميكروبات والكائنات الدقيقة الضارة.

تتميز تكنولوجيات الكتلة الحيوية بصفة عامة بأن لها مردود بيئي إيجابي حيث أنها تخلص البيئة من العديد من الملوثات الكيمائية الناتجة من الحرق المباشر للمخلفات الزراعية وأيضا الملوثات البيولوجية الناتجة عن الفضلات الحيوانية والآدمية، وهي بهذا لا تسهم فقط في توفير الطاقة وإنما أيضا تتعدى ذلك للإسهام في توفير مقومات الحفاظ علي البيئة والصحة العامة [٢٤-٢٦].

تتوافر في مصر إمكانيات كبيرة لاستخدام طاقة الكتلة الحيوية والواقع أن سكان الريف في مصر يستخدمون الكتلة الحيوية (الحطب وروث الماشية) لتوفير ما يقرب من نصف احتياجاتهم من الطاقة إلا أنه نظرا لأن وقود الكتلة الحيوية لا يتم تداوله بشكل تجارى فمن الصعب معرفة الكميات الفعلية المستخدمة، وإن كان يمكن تقديرها كما يتضح أدناه.

١٠-١ الإمكانات الكامنة Potentials

توجد في مصر عدة مصادر لطاقة الكتلة الحيوية هي: المخلفات النباتية الصلبة ومخلفات الحيوانات المختلفة ومخلفات الصرف الصحي والقمامة والمخلفات الصناعية. ويبلغ إجمالي الكتلة الحيوية ١٤,٥ مليون طن بترول مكافئ والمتاح

تحويله منها للاستخدام في أغراض الطاقة ٦,٦مليون طن بترول مكافئ وسوف تستعرض فيما يلي هذه المصادر والمشكلات التي قد تعوق تنميتها في مصر. ويلخص جدول (١١-١) تقدير الكميات المتاحة من المخلفات المختلفة.

١٠-١-١ المخلفات النباتية الصلبة

بلغ المتوسط السنوي للمخلفات النباتية الصلبة طبقا لتقديرات مركز البحوث الزراعية [٢٥ و٢٧] في الفترة ١٩٨٩-١٩٩٣ حوالي ٢٢,٥ مليون طن/عام (حوالي ٩ مليون طن بترول مكافئ) تشمل الأحطاب مثل حطب القطن والذرة والقش والتبن..الخ. ويقدر ما يستهلك منها كمصادر للطاقة التقليدية بحوالي ١١,٨٦ مليون طن/عام أي ما يصل إلى ٥٢,٨% منها وذلك عن طريق الحرق المباشر في مواقد بدائية مثل الكانون لا تتعدى كفاءة استخراج الطاقة فيها ١٠% مما يسبب فقدا كبيرا لهذه المخلفات بالإضافة إلى ما تسببه من تلوث كبير للبيئة.

وتشير التقديرات كذلك إلى أن ما يستخدم كأعلاف من هذه المخلفات يبلغ حوالي ٦,٦٥ مليون طن/عام تمثل ٢٩,٦% من المخلفات الحقلية في حين أن ما أمكن تحويله إلى إنتاج أسمدة عضوية من هذه المخلفات النباتية لم يتجاوز ٣,٩١

جدول (١١-١)
تقدير مصادر الكتلة الحيوية فى مصر

نوع المخلفات	الكمية		المتاح لتوليد الكهرباء	
	مليون طن	مليون طن بترول مكافئ	مليون طن بترول مكافئ	%
المخلفات الزراعية	٢٢,٥٠	٩,٠٠	٤,٧٧	٥٣
مخلفات الحيوانات الزراعية	٨,١٥	٣,٠٠	١,٠٨	٣٦
الصرف الصحى بالمدن	٤,٣٠	٠,٨٦	٠,٤٨	٥٦
القمامة بالمدن	٦,٦٠	١.٦٥	٠,٢٧	١٦
المخلفات الصناعية	لا يوجد حصر دقيق			
الإجمالى	٤١,٥٥	١٤,٥١	٦,٦٠	٤٥

مليون طن/عام بنسبة ١٧%. وهناك عدة مشاكل تعوق الاستفادة من المخلفات الزراعية نجملها فيما يلي [٢٥]:

١- كبر حجم المخلفات وانخفاض كثافتها مما يؤدي لزيادة تكاليف الجمع والنقل والتخزين.

٢- توافر هذه المخلفات بصورة موسمية في أوقات معينة وليست على مدار العام كله.

٣- عدم تجانس المخلفات الزراعية وتراكمها في ساحات مبعثرة مما يتطلب تكلفة خاصة لفرزها وتجميعها ونقلها.

٤- عدم وجود وعي وتفهم كامل - خاصة في الريف - لأهمية التعامل الفعال والكفء مع هذه المخلفات.

ولا تعد هذه المعوقات من المستحيلات التي لا يمكن التغلب عليها باستعمال الأساليب والتكنولوجيات الصحيحة وفي هذا المجال يعد أسلوب قولبة هذه المخلفات أحد الحلول الفعالة حيث يتم حزم المخلفات الزراعية ثم كبسها تحت ضغط وحرارة لتحويلها إلى قوالب منتظمة الشكل حجمها ٨% من الحجم الأصلي مما يسهل تداولها ونقلها لاستعمالها في أى غرض، ومن ناحية أخري فإن القولبة تؤدى إلى القضاء علي مشكلة توارث أجيال الآفات الزراعية كدودة القطن والتي يتم مواجهتها حاليا بحرق حطب القطن في الحقول بطرق بدائية تهدر ما بها من طاقة بالإضافة لما تسببه من تلوث بيئي [٢٨].

١٠-١-٢ مخلفات الحيوانات

تشمل هذه المخلفات روث الحيوانات الزراعية وحيوانات الرعي وحيوانات الجر ومزارع الدواجن وغيرها وتتميز مخلفات وروث الماشية بأهمية خاصة نظرا لارتفاع نسبة ما تنتجه من غاز عضوي وطاقة وسماد، إضافة إلى سهولة تجمعيها نسبيا وفيما يلي تقديرات لهذه المخلفات [٢٤].

(أ) روث الماشية

قدر المتوسط السنوي لأعداد البقر والجاموس مختلفة الأحجام والأعمار والأنواع خلال الفترة ١٩٨٩-١٩٩٣ بحوالي ٥,٣٧ مليون رأس وبلغ متوسط ما تفرزه سنويا من روث حيواني حوالي ٨,٥١ مليون طن وحوالي ٣ مليون طن بترول مكافئ مادة جافة. ويمكن تحويل نسبة من هذا الروث إلى وقود (جلة) للاستخدام في الأفران البلدية منخفضة الكفاءة. وتقدر كمية الروث المعالجة بهذه الطريقة بحوالي ٣,٤ مليون طن/ عام بنسبة ٤٠% من الإنتاج السنوي وتقدر كمية الروث المستخدمة لإنتاج الأسمدة العضوية (السباخ) بحوالي ٢,٥٥ مليون طن/عام تمثل ٣٠% من إنتاج الروث. بينما يفقد بالتداول في الشوارع والطرقات حوالي ٢,٥٥ مليون طن/عام بنسبة ٣٠% من الإنتاج مسببة واحدة من أخطر مصادر التلوث بالريف المصرى. وأهم معوقات استخدام هذه المخلفات هو تواجدها في مساحات واسعة مبعثرة وعدم توافر الوعي الكافي بأهميتها.

(ب) روث الحيوانات الأخرى

يقدر المتوسط السنوى أعداد الأغنام والماعز بحوالي ٦,٥٥ مليون رأس تفوز سنويا روث جاف يقدر بحوالي ٨,٣٢ مليون متر مكعب بينما يقدر متوسط أعداد الجمال وحيوانات الجر من حمير وبغال وخيول بحوالي ٢,٧ مليون رأس يقدر ما تفرزه من مخلفات عضوية سنويا بحوالي ٤,٥ مليون متر مكعب. ومتوسط إنتاج المخلفات العضوية لمزارع بدارى التسمين بحوالي ١,٥٣ مليون متر مكعب ومتوسط إنتاج المخلفات العضوية للدواجن المنزلية (الدجاج والبط والإوز والديوك الرومي والحمام والأرانب) بحوالي ٠,٦٦ مليون متر مكعب. ولا يتوقع أن تلعب هذه المخلفات دورا هاما في المستقبل المنظور بسبب صعوبة تجميعها والتعامل معها بالإضافة إلى انخفاض قيمة الطاقة الناتجة من بعض أنواعها مثل إفرازات الطيور الداجنة. ويتطلب الأمر المزيد من الدراسة والبحث للاستفادة من هذا المصدر.

١٠-١-٣ مخلفات الصرف الصحى

تقدر كميات الصرف الصحي في مدن مصر بحوالي ٧ مليون متر مكعب في اليوم منها حوالي ٥ مليون متر مكعب في اليوم من القاهرة وحدها [٢٦]، وتقدر المادة العضوية المفيدة في الصرف الصحي ما مقداره ٤,٣ مليون طن سنويا من المادة الجافة تعادل ٠,٨٦ مليون طن بترول مكافئ ويمكن في إطار منظومة شاملة لمعالجة الصرف الصحي استخدام تكنولوجيا التخمير اللا هوائي لإنتاج الغاز الحيوي واستخدام المادة الصلبة في إنتاج سماد عضوي عالي القيمة واستخلاص المياه ومعالجتها لاستخدامها في الزراعة.

تم إنشاء وحدة ضخمة لإنتاج الغاز الحيوي من محطة معالجة الصرف الصحي بالجبل الأصفر حيث يبلغ حجم المخمرات اللا هوائية ٢٢٠ ألف متر مكعب وقدرة محطة الكهرباء التي تستخدم الغاز العضوى الناتج حوالي ١٨ ميجاوات تغطي أكثر من ٦٠% من احتياجات محطة معالجة الصرف الصحي من الكهرباء كما تجري دراسات لتعميم هذه التجربة في محطة معالجة الصرف الصحي بالإسكندرية لتلافي الصرف في البحر وما يسببه من تلوث [٢٤].

١٠-١-٤ القمامة ومخلفات المدن

تقدر كمية القمامة في مصر بحوالي ٦,٦٠ مليون طن من المادة الجافة تعادل ١,٦٥ مليون طن بترول مكافئ وتتعدد أساليب معالجة القمامة أو المخلفات الصلبة للمدن ويمكن تلخيص أساليب المعالجة فيما يلي:

١- الكمر أو الردم، حيث تدفن القمامة في حفر خاصة لسنوات تتحول خلالها القمامة إلى سماد عضوي ويمكن عن طريق ترطيب هذه القمامة السماح بتخمرها لا هوائيا لإنتاج الغاز العضوي. وتمد مواسير داخل المكمرات للحصول على الغاز [٢٤].

٢- حرق القمامة واستخدامها كوقود لإنتاج الطاقة الحرارية وتوليد الكهرباء، وهذا الأسلوب مستخدم بالفعل في العديد من البلدان الصناعية وهو أقل أساليب الاستفادة من القمامة من ناحية التكلفة ولكنه أكثرها تلويثا للبيئة [١٩].

٣- إعادة استخدام أو تدوير المخلفات، ويعد أفضل الوسائل ولكنه يتطلب إجراء فرز لمحتويات القمامة لفصل المكونات المختلفة كالمعادن والبلاستيك والورق... الخ وإعادة تدويرها والمخلفات العضوية لتخميرها وإنتاج السماد والغاز العضوي.

١٠-١-٥ المخلفات الصناعية

لا يوجد حاليا حصر دقيق لهذه المخلفات يمكن الاعتماد عليه ويتطلب الأمر مزيد من الدراسة.

١٠-٢ الاحتمالات المستقبلية للاستغلال

حتى الآن يتم إنتاج واستهلاك الطاقة الناتجة من حرق المخلفات الزراعية ومخلفات الحيوانات في الريف بشكل غير تجاري ويوضح الجدول (١٢-١) التقديرات المتاحة [٩ و٣٠] لاستهلاك الطاقة الناتجة عن حرق المخلفات الزراعية ويتضح من الجدول ضآلة الكميات المستخدمة مقارنة بالإمكانات الموضحة في جدول (١١-١) ويمكن الاستفادة في هذا المجال من خبرات الصين والهند والدانمارك وهي الدول الأكثر استخداما للكتلة الحيوية.

جدول (١٢-١)

تقديرات استخدام المخلفات الزراعية كوقود

(ألف طن بترول مكافئ)

السنة	الاستهلاك	السنة	الاستهلاك
١٩٧٠	٦٤٣	١٩٨٠	٧٩٥
١٩٧١	٦٥١	١٩٨١	٨٠٢
١٩٧٢	٦٥٩	١٩٨٢	٨٤٧
١٩٧٣	٦٨١	١٩٨٣	٨٢٩
١٩٧٤	٦٦١	١٩٨٤	٨٦٥
١٩٧٥	٦٧٠	١٩٨٥	٩٣٨
١٩٧٦	٧٠٣	١٩٨٦	٩٧٠
١٩٧٧	٧٦١	١٩٨٧	١٠١٠
١٩٧٨	٧٣٠	١٩٨٨	١٠٣٦
١٩٧٩	٧٨٨	١٩٨٩	١٠١٠

المصدر:

السنوات ١٩٧٠-١٩٧٩ مرجع(٩)

السنوات ١٩٨٧ - ١٩٨٩ مرجع(٣٠)

١١- الطاقة الشمسية

تعد الطاقة الشمسية أهم مصدر حميد للطاقة علي الكرة الأرضية ورغم أن فيض الإشعاع الشمسي خارج المجال الجوى للكرة الأرضية يصل إلى ١,٣٦٧ كيلووات/متر مربع فإنه ينخفض إلى حوالي ١ كيلووات/متر مربع علي سطح الأرض في وقت الظهيرة في يوم صحو، حيث تكون الأشعة الشمسية عمودية علي سطح الأرض، وتنخفض عن ذلك في بقية ساعات النهار. كما تخفض السحب الطاقة الشمسية الساقطة علي سطح الأرض. وعلي هذا فإنه توجد صعوبتين أساسيتين في الاستفادة من الطاقة الشمسية الأولي هي انخفاض كثافة الطاقة والثانية تغير كمية الطاقة التي يمكن الاستفادة بها.

يتكون الإشعاع الشمسي الكلي Global Solar Radiation الذي يصل الكره الأرضية من مركبتين الأولي هي الإشعاع المباشر Direct Radiation الصادر عن الشمس نفسها وهذه المركبة يمكن تركيزها بواسطة العدسات أو المرايا التي يمكن أن تصمم بحيث تتبع مسار الشمس تتبعا كاملا علي مدار العام، أو تكون ذات ميل ثابت يمكن تغييره دوريا علي حسب فصول السنة. أما المركبة الثانية فهي الإشعاع المتشتت Diffuse Radiation ومصدره القبة السماوية وهذه المركبة لا يمكن تركيزها وحينما تكون السماء صافية فإن هذه المركبة تمثل حوالي ١٥% من الإشعاع الكلي ولكن نسبتها تزيد عن ذلك في المناطق التي تغطيها السحب.

يمكن الاستفادة من الطاقة الشمسية عن طريق المنظومات الحرارية التي تجمع الإشعاع الشمسي لرفع درجة حرارة مائع ما (عادة الماء) أو عن طريق المنظومات الضوئية التي تحول ضوء الشمس مباشرة إلى طاقة كهربية. وتحدد درجة الحرارة المطلوبة نوع المنظومة الحرارية ففي التطبيقات التي تحتاج إلى درجات حرارة منخفضة مثل تطبيقات تسخين المياه والهواء يمكن استخدام المجمعات المسطحة التي تستفيد من الإشعاع الشمسي الكلي أما في التطبيقات التي تحتاج إلى درجات حرارة متوسطة أو عالية مثل توليد الكهرباء فتستخدم المركزات (مرايا مقعرة) التي تعتمد على الإشعاع المباشر.

مما تقدم يتبين أهمية معرفة خصائص الإشعاع الشمسي والعوامل الأخرى المرتبطة به في الموقع المزمع إقامة منظومة لتحويل الطاقة الشمسية به وهي قيم الإشعاع الشمسي الكلي ومركبتيه المباشرة والمتشتتة علي مدار العام فلا تكفي المتوسطات السنوية لتصميم منظومات اقتصادية وذات كفاءة للطاقة الشمسية. ونظرا لتغير نمط Profile الإشعاع اليومي والشهري والفصلي من عام إلى آخر فإن القياسات يجب أن تكون مستمرة للوصول إلي ما يسمي بالسنة الجوية النمطية Typical Meteorological Year لاستخدامها في تصميم منظومات الطاقة الشمسية. ومن المهم أيضا معرفة عدد ساعات سطوع الشمس علي مدار العام حيث أنها تؤثر تأثيرا مباشرا علي كفاءة واقتصاديات منظومات الاستفادة من الطاقة الشمسية. وسوف نوضح فيما يلي إمكانات استغلال الطاقة الشمسية في مصر علي ضوء الخصائص السابق ذكرها.

١١-١ الإمكانات الكامنة Potentials

تقع مصر جغرافيا بين خطي عرض ٢٢° و ٣١,٥° شمالا وبهذا فإن مصر تعتبر في قلب الحزام الشمسي العالمي وبذلك فإنها تعد من أغني دول العالم بالطاقة الشمسية. وقد قامت وزارة الكهرباء والطاقة بإجراء العديد من الدراسات لتحديد خصائص الإشعاع الشمسي في مصر [٣١-٣٣] أسفرت عن تحديث البيانات المتوافرة من محطات الأرصاد الجوية وإضافة بعض المحطات الجديدة ومعدات القياس المتطورة وقد نتج عن ذلك إعداد أطلس للطاقة الشمسية في مصر [٣٣]. يوضح جدول (١٣-١) المتوسطات الشهرية لساعات سطوع الشمس في مواقع محطات الرصد بمصر. ويمكن تلخيص أهم ما أسفرت عنه الدراسات في ما يلي:

جدول (١٣-١)

المتوسطات الشهرية لعدد ساعات سطوع الشمس فى اليوم

محطة الرصد	يناير	فبراير	مارس	إبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المتوسط السنوى
سيدي برانى	٦,٩	٧,٨	٧,٩	٩,٠	١٠,٨	١٢,٢	١٢,١	١٢,١	١٠,٦	٩,٢	٨,٤	٦,٨	٩,٥
مرسى مطروح	٦,٩	٧,٧	٧,٩	٩,٠	١٠,٦	١١,٧	١٢,١	١١,٩	١٠,٥	٨,٩	٨,٠	٦,٤	٩,٣
الإسكندرية	٦,٤	٧,٨	٨,٢	٩,١	١٠,٦	١١,٨	١٢,٠	١١,٣	١٠,٣	٩,٦	٧,٣	٦,٢	٩,٢
دمياط	٧,٢	٨,٣	٨,٤	٩,٧	١١,٤	١٢,٥	١٢,٣	١١,٩	١٠,٧	٩,٧	٨,١	٦,٦	٩,٧
بور سعيد	٧,٠	٧,٨	٨,٤	٩,١	١١,٢	١٢,١	١٢,١	١١,٦	١٠,٥	٩,٧	٨,٠	٦,٨	٩,٥
التحرير	٧,٤	٧,٩	٨,٨	٩,٨	١١,٠	١٢,٢	١٢,٢	١١,٨	١٠,٦	٩,٦	٧,٨	٧,٢	٩,٧
طنطا	٧,٢	٨,١	٨,٧	٩,٩	١١,٠	١١,٥	١٢,٠	١١,٤	١٠,٧	٩,٥	٨,٣	٧,٢	٩,٧
بهتيم	٧,٠	٨,٣	٨,٦	٩,٦	١٠,٨	١١,٩	١١,٨	١١,٢	١٠,٤	٩,٦	٨,٢	٧,٧	٩,٦
الماظة	٧,٦	٧,٨	٨,٦	٨,٩	١١,٢	١١,٩	١١,٤	١١,٤	٩,٥	٩,٤	٨,٢	٧,٦	٩,٥
الجيزة	٧,٨	٨,٢	٨,٨	٩,٦	١١,٢	١٢,٢	١٢,٠	١١,٥	١٠,٥	٩,٨	٨,٥	٧,٧	٩,٨
سيوه	٨,٣	٩,٣	٩,١	٩,٣	١١,١	١٢,٣	١٢,٦	١٢,٠	١٠,٧	٩,٧	٩,٧	٨,٠	١٠,١
الخارجة	٩,١	٩,٧	١٠,٢	١٠,٤	١١,٥	١٢,٢	١٢,٤	١٢,٠	١١,٠	١٠,٦	٩,٩	٩,٥	١٠,٧
المنيا	٨,٧	٩,٤	٩,٥	١٠,١	١١,٤	١٢,٥	١٢,٦	١٢,٠	١٠,٨	١٠,٢	٩,٢	٨,٣	١٠,٤
الغردقة	٩,٤	٩,٧	٩,٧	١٠,١	١١,٥	١٢,٨	١٢,٧	١٢,١	١١,٢	١٠,٤	٩,١	٩,١	١٠,٧
أسوان	٩,٤	٩,٢	٩,٤	١٠,٦	١١,٨	١٢,٤	١٢,٣	١١,٦	١٠,٩	١٠,٥	٩,٦	٩,٦	١٠,٦
العوينات	٧,٧	٨,٨	٩,٨	١٠,٣	١٠,٢	١٠,٠	٩,٩	٩,٦	٩,٦	٩,٢	٧,١	٧,١	٩,٢

١- تتلقى معظم أنحاء البلاد بداية من القاهرة وحتى أقصي الجنوب إشعاعا يتجاوز ٦ كيلووات.ساعة/متر مربع/يوم وتقل الأيام التي تظهر فيها السحب أغلب ساعات النهار عن ٢٠ يوم في العام ويتزايد الإشعاع الكلي من الشمال للجنوب حيث تبلغ قيمته ٥ كيلووات.ساعة/متر مربع/يوم بالقرب من الساحل الشمالي وتزيد عن ٧ كيلووات.ساعة/متر مربع/يوم أقصي جنوب مصر.

٢- تتلقى معظم أنحاء البلاد من القاهرة وحتى أقصي الجنوب إشعاعا شمسيا مباشرا يتجاوز ٧ كيلووات.ساعة/متر مربع/يوم بينما يصل عدد ساعات سطوع الشمس إلى ما يتجاوز ٤٠٠٠ ساعة سنويا وتعد هذه الأرقام من أعلي المعدلات في العالم.

٣- تصل قيمة الإشعاع الشمسي المتشتت إلي أعلي قيمة في أقصي شمال مصر حيث تتجاوز ٢ كيلووات.ساعة/متر مربع/يوم أي ما يصل إلى ٤٠% من قيمة الإشعاع الشمسي الكلي هناك وهو أمر لا يمكن إغفاله عند إقامة منظومات شمسية في هذه المناطق بينما ينخفض الإشعاع المتشتت إلى حوالي ٢٠% فقط في أقصي الجنوب.

٤- يتراوح المتوسط السنوي لعدد ساعات سطوع الشمس في اليوم ما بين ٩ ساعات إلى ما يقرب من ١١ ساعة في جنوب مصر الصحراوي وتزيد ساعات سطوع الشمس علي ٣٦٠٠ ساعة سنويا في معظم أنحاء مصر [٣١].

٥- تصل كمية الإشعاع الشمسي الساقط علي مجمل مساحة مصر إلى ما يزيد علي ٦ تريليون كيلووات. ساعة يوميا أي ما يزيد علي ١٠٠ ضعف الطاقة الكهربية المولدة خلال عام ١٩٩٦/١٩٩٧ بأكمله ولا يعني هذا أنه يمكن أن تكون معظم الكهرباء المولدة في المستقبل من الطاقة الشمسية بسبب الصعوبات التي أوردناها في مقدمة الحديث عن الطاقة الشمسية والتي سنفصلها في الباب الخاص بالبدائل التكنولوجية لتوليد الكهرباء وإزالة الملوحة.

١١-٢ الاستغلال الحالى والخطط المستقبلية

١١-٢-١ الطاقة الشمسية الحرارية

تشمل التطبيقات الحالية للطاقة الشمسية الحرارية التسخين الشمسي للأغراض المنزلية والعامة مثل المستشفيات والمعسكرات والتسخين الشمسي للماء أو الهواء في العمليات الصناعية لدرجات الحرارة المنخفضة والمتوسطة وأخيرا استخدام الطاقة الشمسية الحرارية لتوليد الكهرباء وسوف نستعرض بإيجاز فيما يلي الاستغلال الحالي في كل من هذه التطبيقات.

١١-٢-١-١ التسخين الشمسي للأغراض المنزلية والعامة

يقدر عدد سخانات المياه الشمسية المركبة في عام ١٩٩٩ بحوالي ٢٠٠ ألف وحدة نمطية سعة كل منها ١٥٠ لتر من المياه الساخنة يوميا وتبلغ مساحة المجمع الشمسي السطحي لكل منها حوالي ٢ متر مربع أي مجموع مساحات هذه الوحدات السطحية يبلغ حوالي ٤٠٠ ألف متر مربع تساهم في توفير حوالي ٨٠ ألف طن بترول مكافئ سنويا وبذلك فإنه يوجد سخان شمسي واحد لكل ٦٢٠ فرد ويبلغ نصيب الفرد أقل من ٠,٢٤ لتر من المياه المسخنة بالطاقة الشمسية وهو رقم يقل كثيرا عن الإمكانات المتاحة في مصر.

ومن أهم العوامل التي أدت إلى قلة استخدام السخانات الشمسية مقارنة بالسخانات الأخرى،المركبة في المنازل والتي تعمل بالغاز أو الكهرباء ارتفاع التكلفة الاستثمارية للسخانات الشمسية مقارنة بالسخانات الأخرى. فالسخان النمطي المذكور يصل ثمنه إلى ١٥٠٠ جنيه مصري أي من مثلين إلى ثلاثة أمثال ثمن سخان الغاز أو السخان الكهربي المناظر. ورغم أن تكلفة التشغيل للسخانات الشمسية منخفضة حيث لا تحتاج إلى وقود أو كهرباء لتشغيلها وتقتصر تكلفة التشغيل علي بعض الصيانات البسيطة، إلا أن التكلفة الاستثمارية تعتبر مرتفعة بالنسبة للمستهلك العادي نظرا لضعف القدرة الشرائية بالنسبة لعامة الشعب

المصرى، الأمر الذى يجعل المستهلك يفضل شراء السخانات الأخرى الأقل تكلفة علي أن يتحمل تكلفة تشغيل شهرية أكبر.

١١-٢-١-٢ التسخين الشمسي في العمليات الصناعية

تستهلك بعض القطاعات الصناعية كميات كبيرة من الحرارة في الدرجات المتوسطة والمنخفضة وعلي رأسها صناعات الغزل والنسيج، والصناعات الغذائية، والصناعات الكيماوية والدوائية، والصناعات المعدنية، والصناعات الحرارية مثل صناعات الطوب الحراري. وقد تم تنفيذ مشروعين رياديين لاستخدام التسخين الشمسي في العمليات الصناعية في مصر، أحدهما في قطاع الصناعات الغذائية بأحد المجازر الآلية للدجاج في مصر الجديدة، والآخر في قطاع الغزل والنسيج وهو مصنع مصر-حلوان للغزل والنسيج.

ينتج مشروع المجزر الآلي ٢٨ متر مكعب في اليوم من المياه الساخنة التي تتراوح درجة حرارتها من ٥٠ إلى ٦٠ درجة مئوية ويتضمن منظومة لاسترجاع الحرارة المفقودة في المجزر ويوفر حوالي ٣٤٥ طن بترول مكافئ سنويا. أما مشروع مصنع مصر - حلوان للغزل والنسيج فينتج ٤٨ متر مكعب في اليوم من المياه الساخنة التي تتراوح درجة حرارتها من ٦٥ إلى ٧٥ درجة مئوية ويتضمن أيضا منظومة لاسترجاع الحرارة المفقودة بالمصنع ويوفر حوالي ١٤٥٠ طن بترول مكافئ سنويا.

لا يزال استخدام الطاقة الشمسية للتسخين في للعمليات الصناعية أقل بكثير من الإمكانات المتاحة، وتعد اقتصاديات هذه المشروعات أمرا هاما للغاية ويعطي نتائج متباينة. وبصفة عامة لا يجب أن يبدأ العمل بهذه المشروعات قبل استنفاذ إمكانيات ترشيد الطاقة واسترجاع الحرارة المفقود ويتطلب الأمر تنفيذ العديد من المشروعات التجريبية لإثبات صلاحية وجدوى مشروعات استخدام الطاقة الشمسية للتسخين في العمليات الصناعية.

١١-٢-١-٣ استخدام الطاقة الشمسية لتوليد الكهرباء

تعتمد منظومات التوليد الشمسي الحراري للكهرباء علي تجميع الإشعاع الشمسي المباشر ثم تركيز الإشعاع المجمع علي المستقبلات وتحويل الإشعاع المركز إلى طاقة حرارية تنقل إلى منظومة تحويل الطاقة الحرارية إلى طاقة كهربية. وتعد تكنولوجيا مركزات القطع المكافئ الأسطواني أكثر التكنولوجيات تطورا وتم تجربتها عدة مرات علي المستوي العالمي وتستخدم حاليا بالارتباط مع الدورة المركبة التي تعمل بالغاز الطبيعي. وتتراوح مساهمة الطاقة الشمسية حاليا في هذا النوع من الوحدات من ١٥ إلى ١٨%.

تخطط وزارة الكهرباء والطاقة لبناء محطة رياديه لتوليد الكهرباء في الكريمات قدرتها ١٥٠ميجاوات تعمل بالطاقة الشمسية والغاز الطبيعي وتبلغ مساهمة الطاقة الشمسية فيها نحو ١٥% من الطاقة الحرارية الكلية للمحطة. ومن المقرر أن تدخل هذه المحطة للخدمة بحلول عام ٢٠٠٢. وتستهدف الوزارة أن تصل القدرة المركبة لهذا النوع من المحطات المتكاملة للطاقة الشمسية والدورة المركبة إلى ٦٨٠٠ ميجاوات بحلول عام ٢٠١٧ تنتج ٤١ تيراوات.ساعة سنويا. ويوضح الجدول (١٤-١) برنامج إدخال هذه المحطات. تبدو هذه الأرقام على قدر كبير من التفاؤل وعلي الأخص في ضوء التمويل المطلوب والذي يفترض أن يساهم فيه القطاع الخاص بنظام BOOT والجهات الدولية المعنية بالحفاظ علي البيئة مثل مرفق البيئة العالمي Global Environmental Facility (GEF) الذي يمول الفرق بين تكلفة أرخص بديل لتوليد الكهرباء وتكلفة بديل استخدام الطاقة الشمسية بمنحه لا ترد للمحطة الأولي فقط (في حالة مصر محطة الكريمات المشار إليها). وسوف تلعب السياسات الدولية إزاء البيئة مثل آلية التنمية النظيفة Clean Development Mechanism (CDM) والالتزام الدولي بدعم استخدام الطاقة المتجددة دورا هاما - إن لم يكن حاسما - في الوصول لمثل هذا الهدف. وسوف تقدم الوحدة الريادية المزمع إقامتها في الكريمات تجربة مفيدة لإثبات الجدوى الفنية والاقتصادية لهذا النوع من التوليد.

جدول (١٤-١)

برنامج إدخال المحطات المتكاملة للطاقة الشمسية والدورة المركبة

الخطة الخمسية	الوحدات	القدرة المركبة (ميجاوات)	التوليد السنوي (تيراوات.ساعة)
١٩٩٧-٢٠٠٢	١٠٠×٢	٢٠٠	١,٢
٢٠٠٢-٢٠٠٧	٣٠٠×٥	١٥٠٠	٨.٨
٢٠٠٧-٢٠١٢	٣٠٠×٧	٢١٠٠	١٣,٠
٢٠١٢-٢٠١٧	٦٠٠×٥	٣٠٠٠	١٨,٠
الإجمالى	-	٦٨٠٠	٤١,٠

١١-٢-٢ الخلايا الشمسية الفوتوفولطية

تقوم الخلايا الشمسية الفوتوفولطية Photovoltaic Solar Cells بتحويل الطاقة الضوئية للشمس إلى طاقة كهربية بشكل مباشر، ومن ثم فهي تمثل بديلا مشجعا للغاية حيث أنها لا تشتمل علي أي أجزاء متحركة ولا تسبب تلوثا بيئيا. وترتبط صناعة الخلايا الشمسية ارتباطا وثيقا بالصناعات الإلكترونية المتطورة التي نشأت بالارتباط مع غزو الفضاء ورغم أن تكلفتها تنخفض باستمرار عاما بعد عام إلا أنها لازالت بديلا مكلفا ولا تزال اقتصادياتها مشجعة للأحمال الصغيرة بالأماكن النائية البعيدة عن الشبكة الكهربية الموحدة.

الاستخدامات الحالية في مصر للخلايا الشمسية تتم علي مستوى تجريبي وتتضمن توليد الكهرباء اللازمة لضخ المياه وإزالة الملوحة والتبريد والاتصالات ولا يوجد إحصاء دقيق عن الحجم الكلي لوحدات الخلايا الشمسية المركبة ولكن يقدر أنها كانت تتراوح في عام ١٩٩٩ من ١,٥ إلي ٢ ميجاوات تنتج من ٣٦٥٠ إلى ٤٣٨٠ كيلووات.ساعة سنويا وتعد هذه الأرقام ضئيلة للغاية والسبب الرئيسي لذلك هو تكلفتها العالية مقارنة مع البدائل الأخرى.

١٢- طاقة الحرارة الأرضية

تقدر كمية الحرارة التي تسري من باطن الأرض إلى سطحها بحوالي ١٠ [٢١] جول/سنة (٣١,٧ تيراوات). والسبب الرئيسي لسريان الحرارة من باطن الأرض هو ارتفاع درجة الحرارة في مركزها والتي تقدر بحوالي ٧٠٠٠ درجة مئوية. وينتج عن ذلك اختلاف درجات الحرارة في الأعماق المختلفة ونظرا لأن القشرة الأرضية ليست متجانسة فإن درجات الحرارة علي عمق ما سوف تختلف من مكان لأخر علي حسب مقاومة المواد المكونة للقشرة الأرضية في الموقع المعين. وهناك أسباب أخري لحرارة القشرة الأرضية مثل حركة القارات والتحلل الإشعاعي لبعض العناصر.

بمرور المياه الجوفية علي الطبقات الساخنة من القشرة الأرضية فإنها تكتسب حرارة تختلف في كميتها علي حسب درجة حرارة هذه الطبقات وتخرج هذه المياه الساخنة بشكل طبيعي في صورة عيون أو بالحفر في حالة الآبار الارتوازية أو الآبار العميقة ويختلف الاستخدام علي حسب درجة حرارة هذه المياه. ففي درجات الحرارة المنخفضة يمكن استخدامها في تدفئة المنشآت في المناطق التي تحتاج لذلك أما درجات الحرارة العالية فتستخدم لتوليد الكهرباء. وفي نهاية عام ١٩٩٦ بلغ إجمالي القدرات المركبة لاستخدام المباشر لطاقة الحرارة الأرضية علي مستوي العالم ٦,١ جيجاوات أتاحت إنتاج ٣٥,٦ تيراوات.ساعة/عام أما إجمالي القدرة المركبة لتوليد الكهرباء فقد بلغت ٧ جيجاوات ولدت طاقة كهربية مقدارها ٤٢ تيراوات.ساعة/عام [٢].

ترتبط حتى الآن استخدامات طاقة الحرارة الأرضية Geothermal Energy بالظروف الجغرافية. إلا أن القشرة الأرضية تحتوي علي مخزون ضخم من الحرارة كما أن الوصول إلى طبقات غير مسامية درجة حرارتها تسمح باستخدامها لتوليد الكهرباء ممكن بتكنولوجيات الحفر الحالية، والمشكلة هي استخراج هذه الحرارة بطريقة اقتصادية. وقد كانت هذه المشكلة موضع أبحاث عديدة في البلدان المتقدمة وهي ما يطلق عليه أبحاث الصخور الجافة الساخنة Hot Dry Rock (HDR) research وقد توصل الفريق الأوروبي لأبحاث الصخور الجافة

الساخنة إلى نتائج هامة في هذا المضمار في أواخر عام ١٩٩٧ [٢]. ومن المخطط بناء محطة ريادية تعتمد علي هذه التكنولوجيات وإذا نجحت هذه المحطة فإنه خلال العشرون عاما المقبلة سوف تعمم هذه التكنولوجيات علي مستوي تجاري، وهو ما سيجعل استخدام طاقة الحرارة الأرضية بديل ممكن لجميع بلدان العالم بما فيهم مصر.

١٢-١ الإمكانات الحالية

تعد مصادر مصر من طاقة الحرارة الأرضية محدودة إلى حد كبير وهي تنحصر حاليا في [٣٤]:

١- العيون والينابيع الساخنة في حلوان والمنطقة المحيطة بخليج السويس.

٢- الآبار الارتوازية في منطقة سدر علي الساحل الشرقي لخليج السويس وفي بعض مناطق الصحراء الغربية (منخفض القطارة - الواحات البحرية - الواحات الداخلة - الواحات الخارجة).

٣- الآبار العميقة في أم خريجة بالصحراء الشرقية وفي الواحات بالصحراء الغربية.

وتتراوح درجة حرارة المياه في هذه المصادر من ٢٩ إلى ٧٠ درجة مئوية وإن كان معظمها تتراوح درجات حرارته من ٣٢ إلى ٥٧ درجة مئوية ولا توجد مؤشرات علي وجود مصادر عالية درجة الحرارة (أكبر من ١٥٠ درجة مئوية). هذا ولا يزيد التدرج الحراري عن ٣٠-٥٦ درجة مئوية لكل كيلو متر بما لا يسمح باستخدامها اقتصاديا لتوليد الكهرباء.

١٢-٢ الاحتمالات المستقبلية للاستغلال

إذا ثبتت الجدوى الفنية والاقتصادية لاستخدام الصخور الجافة الساخنة بعد بناء الوحدة الريادية الأوروبية فسوف يصبح من الممكن استغلال هذه التكنولوجيا في أي موقع تقريبا في مصر، وبالنسبة للموارد الحالية ذات درجات الحرارة المنخفضة فقد عرض مؤخرا اقتراح باستخدام منظومة تعتمد علي الأمونيا كمائع تشغيل لتوليد كميات صغيرة من الكهرباء [٣٤]. ويوضح جدول (١٥-١) إمكانيات الاستغلال لبعض المواقع الواعدة.

جدول (١٥-١)

إمكانات استغلال طاقة الحرارة الأرضية لبعض المواقع

المصدر الحرارى	الاستخدام المقترح	درجة حرارة المصدر (درجة مئوية)	معدل سريان الماء (كجم/ثانية)	القدرة الحرارية المتاحة (ميجاوات)
حمام فرعون	توليد الكهرباء	٧٠	٣٤,٧	٢,٩
كيفر -١	توليد الكهرباء	٥٧	١١٢,٨	٩,٤
سدر	تدفئة المنشآت	٥٥-٦٥	٤,١ -١٠,٤	٠,٣ - ١,٣

المصدر: مرجع [٣٤]

١٣- طاقة الرياح

طاقة الرياح من أقدم صور الطاقة التي استخدمها الإنسان وأكثرها انتشارا، إلا أنه في أثناء الثورة الصناعية تم الاستغناء عنها كمصدر للطاقة بعد أن ظهرت مصادر أخري للطاقة أرخص وأكثر توافرا. وقد تجدد الاهتمام بها كمصدر للطاقة بعد الارتفاع الكبير الذي طرأ علي أسعار البترول عامي ١٩٧٣-١٩٧٤. تتولد الرياح علي الكرة الأرضية لثلاثة أسباب هي الفرق في درجات الحرارة بين القطبين وخط الاستواء، دوران الأرض حول محورها، وللاختلاف في درجة امتصاص الإشعاع الشمسي بين الأرض والبحر وتعمل هذه الآليات الثلاثة معا بطريقة معقدة. وتتزايد سرعة الرياح بالارتفاع عن سطح الأرض حيث تبلغ طاقة الرياح علي ارتفاع ٥٠ متر من سطح الأرض نحو ضعف طاقتها علي ارتفاع ١٠ متر كما تتأثر أيضا بطبوغرافية الأرض عند وجود تلال أو جبال.

تتناسب كمية الطاقة المولدة مع مكعب سرعة الرياح، مما يجعل لسرعة الرياح الأثر الأكبر في تحديد كمية الطاقة المولدة ومن ثم اقتصاديات منظومة الاستفادة من طاقة الرياح، وتتميز سرعات الرياح بطبيعة احتمالية عالية ومعدلات تغير سريعة بالنسبة للزمن في عديد من الأحوال مما يحدد ويقيد من فائدة توفر متوسطات عامة

لسرعات الرياح لفترات زمنية ممتدة. وبصفة عامة يفضل توافر التوزيع التكراري Frequency Distribution معبرا عنه بمتوسطات سرعات الرياح لفترات قصيرة (كل ساعة مثلا) وعدد ساعات حدوث سرعة معينة [٣٥-٣٦] ويتطلب الأمر أيضا توافر بيانات أخري عن السرعات العالية جدا للرياح مثل فترات العواصف، وأيضا عن فترات الخمود أو السكون حيث تقل أو تنعدم سرعة الرياح حيث تؤثر هذه العوامل علي الاستفادة من طاقة الرياح. وسوف نستعرض فيما يلي إمكانات استغلال طاقة الرياح في مصر علي ضوء الخصائص السابق ذكرها.

١٣-١ الإمكانات الكامنة

قامت هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة في إطار البرنامج القومي لطاقة الرياح بتحديد إمكانات طاقة الرياح في المناطق المختلفة اعتمادا علي قياسات ٤٤ محطة رصد منتشرة في مواقع مختلفة بمصر . وقد أوضحت الدراسات التي قامت بها الهيئة أن أعلي متوسط سنوي لسرعة الرياح في مصر يوجد عند الساحل الغربي لخليج السويس كما توجد ثلاث مناطق أخري تتوافر فيها الرياح بسرعات مناسبة هي: شرق العوينات في جنوب مصر الغربي والساحل الشمالي وجنوب سيناء [٣٧]. ونظرا للإمكانات العالية لاستخدام طاقة الرياح في خليج السويس فقد أعطيت هذه المنطقة أولوية في الدراسات التفصيلية وانتهت إلى إعداد أطلس للرياح في منطقة خليج السويس [٣٨] وقد اتضح أنه توجد أربعة مواقع واعدة علي خليج السويس هي:

١- أبو دراج ويبلغ المتوسط السنوي لسرعة الرياح بها ٩,٠ متر/ثانية علي ارتفاع ٢٤,٥ متر.

٢- الزعفرانة ويبلغ المتوسط السنوي لسرعة الرياح بها ٩,١ متر/ثانية علي ارتفاع ٢٤,٥ متر.

٣- خليج الزيت ويبلغ المتوسط السنوي لسرعة الرياح بها ١٠,٦ متر/ثانية علي ارتفاع ٢٤,٥ متر.

من المهم ملاحظة أنه رغم أن منطقة خليج السويس تحظى حاليا بتوافر أفضل قياسات متاحة وأعلى درجة من العول Reliability والإتاحية Availability، إلا أن ذلك لا ينفي ضرورة إجراء مزيد من القياسات عند إقامة مشروعات تبعد عن مواقع القياسات الحالية بسبب حساسية سرعة وتوزيع الرياح وبالتالي طاقة الرياح للعوامل الطبوغرافية.

١٣-٢ الاستغلال الحالي والخطط المستقبلية

تم إنشاء عدد من المشاريع الريادية منذ عام ١٩٨٧ لإثبات صلاحية وجدوى استخدام طاقة الرياح في الأغراض المختلفة ويوضح جدول (١٦-١) قائمة بالمشاريع التي نفذتها هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة في الفترة ١٩٨٧-١٩٩٥ والتي بلغ مجموع قدراتها المركبة ٥,٧ ميجاوات. وتشمل الخطط الحالية إقامة مزارع ضخمة للرياح في الزعفرانة قدرتها ٦٠٠ ميجاوات تنفذ علي عدة مراحل تشمل كل منها تنفيذ نحو ٦٠ ميجاوات. ومن المخطط أن يقوم القطاع الخاص المصري والأجنبي بتمويل ٣٠٠ ميجاوات منها بنظام BOOT. وتشمل الأهداف بعيدة المدى للحكومة أن تصل القدرات المركبة لمحطات توليد الكهرباء التي تعمل بطاقة الرياح إلى ٨٢٠٠ ميجاوات تولد ٢٥ تيراوات.ساعة بحلول عام ٢٠١٧ [٢].

جدول (١٦-١)

المشاريع الريادية لاستخدام طاقة الرياح

المشروع	الموقع	الوحدات	القدرة (كيلووات)	تاريخ دخول الخدمة
ضخ المياه	شرق العوينات	١٥×١	١٥	يناير ١٩٨٧
مزرعة رياح صغيرة	رأس غارب	١٠٥×٤	٤٢٠	أغسطس ١٩٨٨
مصنع الثلج	أبو غصون	٥٥×١	٥٥	مارس ١٩٩٢
مزرعة رياح صغيرة	الغردقة	١٠٥×٤	٤٢٠	١٩٩٢
مزرعة رياح كبيرة	الغردقة	١٠٠×١٠	١٠٠٠	يونيو ١٩٩٣
		١٠٠×٢٠	٢٠٠٠	أغسطس ١٩٩٤
		٣٠٠×٦	١٨٠٠	يونيو ١٩٩٥
الإجمالي	-	-	٥٧١٠	-

سوف تقوم الحكومة بإنشاء نصف مزارع الرياح في الزعفرانة (٣٠٠ميجاوات) من خلال اتفاقيات مع عدة دول لتوفير التمويل اللازم من خلال منح لا ترد و/أو قروض ميسرة مع فترة سماح، وقد تم إنشاء مزرعة رياح قدرتها ٦٠ ميجاوات بالتعاون مع الدنمرك ومزرعة أخري قدرتها ٢٠ ميجاوات كجزء من مزرعة قدرتها ٦٠ ميجاوات بالتعاون مع ألمانيا ومن المتوقع أن يبدأ إنتاج المزرعتين من الكهرباء عام ١٩٩٩-٢٠٠٠، كما تم الاتفاق مع اليابان علي إنشاء مزرعتين للرياح قدرة كل منها ٦٠ميجاوات ومع أسبانيا علي بناء محطة قدرتها ٦٠ ميجاوات ومن المقرر أن تكون هذه المزارع السابقة عاملة بحلول عام ٢٠٠٢. وسوف يحدد تقييم أداء مزرعة رياح الزعفرانة الإمكانات الفعلية للوصول إلى القدرة المركبة المستهدفة لعام ٢٠١٧ (٨٢٠٠ ميجاوات).

١٤- طاقة المد

يحدث المد لعدة أسباب أهمها تأثير جاذبية القمر علي مياه المحيطات والبحار لذلك تسمي طاقة المد Tidal Energy أحيانا بالطاقة القمرية وهناك أسباب أخري مثل قوة الطرد المركزية الناتجة عن دوران الأرض حول محورها وأيضا تأثير الجاذبية الشمسية ويتغير المد والجزر بصفة دورية خلال العام. يشابه أسلوب استغلال طاقة المد إلى حد كبير استغلال الطاقة المائية، حيث يتم بناء سدود عند مصبات الأنهار أو مداخل الخلجان أو المواقع الأخرى المناسبة التي تعتمد علي طبوغرافية الأرض إلى حد كبير، ويسمح بدخول المياه عند المد لتملأ خزان أو بحيرة ثم تغلق السدود عند نهاية المد وبداية الجزر حيث يتولد فارق في ارتفاع المياه عند تقدم الجزر. ويستغل هذا الفارق في مستوي المياه في توليد الكهرباء باستخدام توربينات مائية.

تقدر الطاقة المتبددة نتيجة للمد في المحيطات بحوالي ٢٢ ألف تيراوات.ساعة سنويا منها حوالي ٢٠٠ تيراوات.ساعة سنويا يمكن استغلالها بشكل اقتصادي ولا يتعدى المستغل منها فعليا علي مستوي العالم ٠,٦ تيراوات.ساعة سنويا وأضخم محطة لطاقة المد والجزر في العالم توجد في لارنس La Rance بفرنسا وتبلغ

قدرتها ٢٤٠ ميجاوات والعائق الرئيسي أمام استخدام طاقة المد هو ارتفاع التكلفة الرأسمالية اللازمة لإنشاء الخزانات والسدود مقارنة بالطاقة المولدة. لا توجد في مصر إمكانات عملية لاستخدام طاقة المد والجزر حيث توجد أقصي قيمة للفرق بين المد والجزر علي ساحل خليج السويس وتصل في أفضل الأحوال إلي ٢ متر بينما يبلغ الحد الأدنى حاليا لفارق الارتفاع الذي يمكن استغلاله اقتصاديا إلى ٥ متر.

١٥- طاقة الأمواج البحرية

يمكن النظر إلى طاقة الأمواج البحرية باعتبارها صورة مركزة من الطاقة الشمسية فالرياح كما سبق أن أوضحنا تنشأ بسبب اختلاف تسخين المناطق المختلفة من الكرة الأرضية وحينما تمر الرياح علي مسطحات المياه المفتوحة فإنها تنقل جزء من طاقتها إليها مكونة أمواج. وتختزن هذه الطاقة في الأمواج في صورة طاقة وضع (في كتلة الماء التي تزاح أعلي المستوي المتوسط لمياه البحر) وفي صورة طاقة حركة (في حركة جزيئات المياه). وتعتمد كمية الطاقة المنتقلة إلى المياه – وبالتالي حجم الأمواج الناتجة – علي سرعة الرياح والزمن الذي يستمر فيه هبوب الرياح والمسافة التي تهب فيها الرياح [٢].

تم تطوير عدة تكنولوجيات لاستخلاص الطاقة من الأمواج البحرية وتحويلها إلى صورة مفيدة للطاقة ولكن جميعها يمكن إدراجها تحت نوعين من التكنولوجيات أولها يحول طاقة الأمواج إلى ضغط في مائع (عادة هواء) ثانيها يحول طاقة الأمواج الي حركة ميكانيكية. ويوضح أحدث مسح لمصادر الطاقة قام به مجلس الطاقة العالمي [٢] أنه قد أجريت العديد من المراجعات الشاملة لمنظومات الاستفادة من طاقة الرياح وقد أوضحت هذه المراجعات أن منظومات الأمواج البحرية لازالت في طور الأبحاث والتطوير ولم يتم إنشاء أي محطة ريادية لتحويل طاقة الأمواج البحرية إلى طاقة كهربية. فيما يتعلق بمصر فليس من المعتقد أن تستغل طاقة الأمواج البحرية لتلبية احتياجات مصر المتزايدة من الطاقة حتى عام ٢٠٢٠.

١٦- الطاقة الحرارية للمحيطات

تعمل منظومات تحويل الطاقة الحرارية للمحيطات عن طريق الاستفادة من الفرق في درجات الحرارة بين سطح المياه الساخن والمياه العميقة في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية والمياه العميقة الباردة الآتية من القطبين. ونظرا لأن الفرق في درجات الحرارة لا يتعدى ٢٠ درجة مئوية فإن الكفاءة الحرارية لمنظومة تحويل الطاقة (كمية الطاقة المستفاد بها كنسبة من الطاقة الكلية) لا تتعدى ٢,٥% . وهناك نوعين من المنظومات المقترحة أولها المنظومات المغلقة وتعمل بمائع تشغيل يتبخر عند درجات الحرارة المنخفضة. ويتم تبخير هذا المائع عن طريق انتقال الحرارة من المياه السطحية الساخنة ثم يمرر خلال توربينة لتوليد الكهرباء وبعدها يدفع إلي الأعماق عن طريق أنبوب ليفقد حرارته إلى الوسط البارد ثم يدفع مرة ثانية إلي السطح ليتبخر وهكذا. وثانيها منظومة مفتوحة تستخدم الماء السطحي الذي يتم تبخيره عن طريق تخفيض الضغط حيث يمر في توربينة لتوليد الكهرباء ثم يدفع إلي الأعماق لتكثيفه.

تم إنشاء وحدات تجريبية صغيرة لتحويل الطاقة الحرارية للمحيطات في الولايات المتحدة تتراوح قدراتها من ١٠ إلى ٥٠ كيلووات في إطار جهود الأبحاث والتطوير الجارية هناك. وحتى الآن لا توجد أي محطات تجارية أو ريادية لهذا النوع من أنواع الطاقة. أما بالنسبة لاحتمالات الاستخدام في مصر، فإنه نظرا لأن مصر لا تطل علي أي محيطات فلا تعد الطاقة الحرارية للمحيطات أحد الطاقات التي يمكن استغلالها في مصر، وإن كان قد اقترح استخدام هذه التكنولوجيا في منطقة حمام فرعون [٣٤] للاستفادة من الفرق بين درجة حرارة العيون الحارة هناك ودرجة حرارة مياه البحر الأحمر لإقامة وحدة صغيرة قدرتها في حدود ١٥٠-٢٠٠ كيلووات لتلبية جزء من الاحتياجات في هذه المنطقة السياحية. ولكن حتى الآن لم تنفذ هذه الفكرة ولا يبدو أن استخدام فروق درجات الحرارة الصغيرة لتوليد الكهرباء يدخل ضمن برنامج الأبحاث للجامعات والمراكز البحثية في مصر.