الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
جامعة 20 أوت 1955 سكيكدة
كلية العلوم الاقتصادية و التجارية و علوم التسيير
قسم العلوم الاقتصادية

محاضرات في مقياس اقتصاديات الطاقة

موجهة لطلبة السنة الأولى ماستر اقتصاد دولي

إعداد الدكتور:
سليمان كعوان

السنة الجامعية: 2022/2021

تمهيد

لقد ازداد الاهتمام في الآونة الأخيرة بالطاقة ومصادرها، وأصبح من المؤكد أن مصادر الطاقة التقليدية أو ما يعرف بالطاقة الأحفورية، كونها مصادر غير متجددة وناضبة، ناهيك عن الاستغلال المفرط لهذه المصادر الطاقوية، ما تسبب في استنزافها، وهو ما عجل بالبحث عن بدائل لهذه المصادر الآيلة للنضوب قصد تأمين إمدادات الطاقة على المستوى العالمي والمحلي، وهو ما تجلى في الاهتمام بمصادر الطاقات البديلة سواء المتجددة منها أو غير المتجددة، وهذه المصادر الطاقوية البديلة والمتجددة أصبحت محل اهتمام كل دول العالم، خاصة تلك التي تملك إمكانيات كبيرة منها، والتي أولت اهتماما كبيرا للاستثمار في هذا المجال، وذلك بالتوجه إلى استغلال الطاقات البديلة والاستثمارات المرافقة.

المحور الأول: الإطار المفاهيمي لاقتصاد الطاقة

أولا: ماهية الطاقة

1- تعريف الطاقة

إن كلمة طاقة هي الترجمة الحرفية لكلمة Energy أو Energie أو Energia باللغات الأوربية الحديثة، وهي مشتقة من الكلمة اليونانية القديمة Energos أو Energeia، المركبة من مقطعين En وتعني في أو داخل وErgos وتعني نشاط، وبهذا فإن الكلمة تعني في داخله نشاط، أو أن الشيء يحتوي على جهد أو شغل، أما موارد الطاقة فهي المصادر التي تمتلك نظاماً قادرا على إنتاج الشغل، وتعرف الطاقة بأنها الجهد أو القدرة الكامنة في أي شيء أو مادة على أداء عمل أو شغل، وغالبا ما ترتبط الطاقة بالحركة الميكانيكية للأجسام، وقد أصبحت هذه الطاقة من أهم الخصائص الفيزيائية للمادة.[1]

2- التطور التاريخي لاستخدام الطاقة

تعتبر الطاقة إحدى المفاهيم المألوفة والشائعة الاستعمال في الحياة اليومية، ويمكن وصف الطاقة بعدة طرق ولكن أيا من هذه الطرق لا يعطي تعريفا متكاملا للطاقة، فالطاقة هي الحرارة والضوء والكهرباء والقابلية لإنجاز شغل مفيد.

والحياة على هذه الأرض غير ممكنة من دون الطاقة لأن الطاقة هي التي تنمي النباتات التي تمثل المصدر الأساسي للغذاء لجميع الكائنات الحية، والطاقة هي التي تجعل الإنسان قادرا على الحركة وتشغل جميع الوسائل التي يستخدمها في تنقلاته، وقد استعمل الإنسان البدائي عضلاته فقط لتحويل الطاقة إلى شغل مفيد، وفي بداية التاريخ الإنساني توافر للإنسان مصدران أساسيان للطاقة

[1] - عبد الرؤوف رهبان، الأهمية النسبية النوعية لموارد الطاقة، (دراسة في جغرافية الطاقة)، مجلة جامعة دمشق–المجلد- 27 العدد الأول والثاني، سوريا، 2011، ص367.

هما طاقة الشمس الإشعاعية والطعام الذي يتناوله، وعندما اكتشف الإنسان النار كانت تلك أسرع وسيلة استخدمها لتحويل الطاقة الكيميائية المختزنة في أخشاب الأشجار إلى طاقة حرارية، وبعد ذلك اكتشف الإنسان مصادر أخرى للطاقة الكيميائية (الوقود) مثل الفحم الحجري والنفط والغاز الطبيعي[1].

3- آثار استخدام الطاقة على البيئة

فيما يخص التأثيرات البيئية الناجمة عن استخدام الطاقة، وخاصة غير السليم منها، فتظهر على مستويات عديدة محليا وعالميا، ويمكن أن تتسبب في عواقب مثل التصحر، والتحمض، وتلوث الهواء، والتغير المناخي ويمثل احتراق الوقود الأحفوري أحد مصادر تلوث الهواء المدمرة للصحة، وخاصة انبعاث غازات الدفيئة، وقد ثبت أن انبعاث الجزئيات الدقيقة الناشئة عن احتراق خشب الفحم ووقود الديزل والجازولين يتسبب بصورة كبيرة في حدوث مشاكل في الجهاز التنفسي ويؤدي إلى الإصابة بمرض السرطان، كما يعتبر حرق الفحم والخشب داخل المنازل، وكذا استخدام المنتجات البترولية أو الأنواع الأخرى من وقود الكتلة الحيوية مصدرا رئيسيا للتلوث في المنازل الريفية، لما تحتويه من كميات كبيرة من مواد سامة تؤدي إلى مشاكل في الجهاز التنفسي، كما تعتبر الطاقة الذرية التي تستعمل لتوليد الكهرباء في العديد من بلدان العالم مصدرا غير آمن على الصحة والسلامة والبيئة وتتطلب جهودا فنية ومالية هامة للسيطرة والتعامل مع نفاياتها، وتجدر الإشارة إلى أن الطاقة الذرية غير مستخدمة لتوليد الكهرباء الجزائر[2].

[1] - عاهد الخطيب، مبادئ تحويل الطاقة. دار الشروق للنشر والتوزيع، ط1، بيروت، لبنان، 1989، ص13.
[2] - برنامج الأمم المتحدة للبيئة، الطاقة لأغراض التنمية المستدامة في المنطقة العربية. ص6.

ثانيا: ماهية اقتصاد الطاقة

1- مفهوم اقتصاد الطاقة

اقتصاد الطاقة في المفهوم الاقتصادي، تعبير يقصد به إنتاج الطاقة واستثمارها واستهلاكها والعوائد الناجمة عنها، ويشمل ذلك جميع الوسائل والإجراءات التي تهدف إلى زيادة مردود استخدام الطاقة، وخفض ضياعها إلى الحد الأدنى من دون التأثير في معدل النمو الاقتصادي، أي استهلاك أقل مقدار من الطاقة لإنتاج أكبر كمية من السلع أو الخدمات من دون المساس بمواصفاتها، واستغلال الطاقة الاستغلال الأفضل بأقل كلفة ممكنة، والهدف من اقتصاد الطاقة هو استخلاص أكبر قدر ممكن من الطاقة من مصادرها الأولية مع الحفاظ على البيئة، وتقليل الإضرار بها إلى الحد الأدنى.[1]

2- ترشيد استهلاك الطاقة

يقصد بترشيد استهلاك الطاقة استخدامها استخداما عقلانيا مدروسا وتقليل الهدر في استهلاك الطاقة بأصنافها المختلفة، كما أن ترشيد استهلاك الطاقة عمليا هو جملة الإجراءات الواجب إتباعها للحد من الهدر في منظومات الطاقة في مختلف مراحلها بدءا من محطات تحويل الطاقة وانتهاء بالأجهزة الطرفية المستهلكة للطاقة، وتبدأ أول إجراءات الترشيد من المحطات الأولية لتحويل الطاقة، فالتشغيل الاقتصادي الأمثل لهذه المحطات هو الوسيلة الأكثر فعالية في هذا المجال، كما أن الحفاظ على جاهزية محطات الطاقة والتقيد الصارم ببرامج الصيانة من الوسائل الأساسية لترشيد الطاقة في المراحل الأولى من منظومات الطاقة المتكاملة، وتأتي بعد ذلك إجراءات ما يسمى "إدارة الأحمال"، وهي التحكم المركزي في مؤسسات الطاقة، وفي تصرف المستهلك زمنيا وكميا بوساطة أجهزة خاصة تركب لهذا الغرض، وعن طريق تطوير نظم ملائمة تضطر المستهلك إلى تجنب الهدر في الاستهلاك

[1] - اقتصاد الطاقة، المعرفة، على الموقع: www.marefa.org ، تاريخ الاطلاع: 2018/07/20.

والاستخدام العقلاني للطاقة، فمثلا تسخين المياه بالطاقة الكهربائية يعد من الاستخدامات غير العقلانية للطاقة، إضافة إلى ضياع الطاقة في شبكات النقل والتوزيع التي توصل الطاقة الكهربائية إلى المستهلك، لذا فإن الحد من استخدام أجهزة التسخين الكهربائية هو أحد السبل التي يتضمنها برنامج إدارة الأحمال بهدف تحقيق الاستخدام العقلاني للطاقة.[1]

ومن بين أهم الإجراءات الواجب إتباعها في هذا المجال:[2]

– تشجيع استخدام أجهزة التسخين والتدفئة المتطورة التي تستهلك أقل كمية من الوقود بأعلى مردود وأقل تلوث، وذلك بخفض أثمانها، وتحمل الدولة جزءا من تكاليفها التأسيسية وخفض أسعار المحروقات المستخدمة في هذه الأجهزة.

– الاستفادة القصوى من الطاقة الشمسية في تسخين المياه وفي التدفئة قدر الإمكان.

– رفع أسعار الأجهزة الكهربائية المعدة لتسخين المياه والتدفئة وفرض ضريبة عالية عليها.

[1] - اقتصاد الطاقة، المعرفة، على الموقع: www.marefa.org ، تاريخ الاطلاع: 2018/07/20.
[2] - اقتصاد الطاقة، المعرفة، على الموقع: www.marefa.org ، تاريخ الاطلاع: 2018/07/20.

المحور الثاني: الطاقة الأحفورية

تمهيد

وتعتبر الطاقات الأحفورية أهم المصادر الطاقوية في الماضي والحاضر، خاصة ما يتعلق بالبترول والغاز الطبيعي، وذلك رغم ظهور بعض البدائل الطاقوية سواء المتجددة منها أو غير المتجددة، وأصبحت هذه الأخيرة أي الطاقات البديلة محل اهتمام عالمي، حيث هناك توجه نحو استغلال هذه الطاقات قصد تأمين إمدادات الطاقة، بالإضافة إلى حماية البيئة وصولا إلى ما يحقق التنمية المستدامة.

أولا: ماهية الطاقة الأحفورية

1- مفهوم الطاقة الأحفورية

هي الطاقة المأخوذة من الوقود الأحفوري مثل الفحم والنفط أو الغاز، (وتضم المصادر التي تكون مختفية تحت سطح الأرض، وقد تشكلت هذه المصادر من بقايا النباتات والحيوانات خلال العصور المختلفة من العمر الجيولوجي للأرض، مثل الفحم والنفط والغاز الطبيعي والمعادن المشعة)[1].

وهي أيضا الطاقة التي تعتمد على الوقود الأحفوري وتشمل البترول وبكافة مشتقاته والفحم والمعادن والغاز الطبيعي والمواد الكيميائية وهي مركبات مستنفذة، لأنه لا يمكن إنتاجها ثانية أو تعويضها مجددا في زمن قصير[2].

2- خصائص الطاقة الاحفورية

من أهم مميزات الطاقة الأحفورية:[3]

- يمتلك كثافة طاقة عالية
- سهل التخزين
- عند معالجته بتروكيميائيا نحصل على أنواع مختلفة من الوقود التي لها استخدامات متعددة
- من أكثر الأسباب التي تؤدي إلى دمار البيئة

[1] - عبد الرؤوف رهبان، مرجع سابق، ص372.
[2] - مجد جرعتلي، أهمية إعتماد الطاقة المتجددة ودورها في المحافظة على صحة الإنسان والبيئة. الموقع: http://green-studies.com تاريخ الاطلاع: 2014/01/10.
[3] - رسالة الجامعة rs.ksu.edu.sa/issue-1296/5420

ثانيا: مصادر الطاقة الأحفورية

1- الفحم

1-1- أصل الفحم

تكون الفحم نتيجة تجمع مواد نباتية منذ قديم الزمن تحت الرمال، ومع الحرارة الشديدة في باطن الأرض ووجود ضغط شديد أدى ذلك إلى أن تفقد هذه المواد النباتية ما بها من أكسجين ونتروجين مكونة مادة هيدروكربونية يكثر بها الكربون وهي ما تعرف بالفحم[1].

ويوجد في باطن الأرض احتياطات ضخمة من الفحم، معظم هذه الاحتياطات توجد – لكن ليس كلها– في الأماكن المحظوظة من الناحية السياسية والأمنية، ففي أمريكا الشمالية والمملكة المتحدة توجد احتياطات ضخمة جدا تكفي للوفاء بمتطلبات الطاقة مئات من السنين، فاحتياطات الولايات المتحدة من الفحم تشبه احتياطات السعودية من النفط، في حين يمكن تشبيه احتياطات المملكة المتحدة من الفحم باحتياطات الكويت من النفط، كما يملك الصين والهند وروسيا، بالرغم من أنها أبعد ما تكون عن جنان الاستقرار، احتياطات هائلة من الفحم أيضا، وتملك أمريكا والصين والهند مجتمعة نحو ثلثي احتياطات العالم من الفحم[2].

1-2- عوامل تراجع دور الفحم كمصدر للطاقة

ظل الفحم المصدر الرئيسي للطاقة حتى الحرب العالمية الثانية، ومع اكتشاف البترول بتلك المزايا والخصائص التي لا يتوافر عليها الفحم، تراجعت نسبة الإمدادات العالمية من الفحم، مقارنة بزيادة الإمدادات من البترول، ولعل أهم العوامل التي أدت إلى ذلك ما يلي:[3]

[1] - محمد فوزي أبو السعود، أحمد رمضان نعمة الله، عفاف عبد العزيز عايد، الموارد واقتصادياتها. الدار الجامعية، الاسكندرية، مصر، 2002، ص.105.

[2] - ديفيد هويل، كارول نخلة، مأزق الطاقة والحلول البديلة. الدار العربية للعلوم ناشرون، ط1، لبنان، 2008، ص226

[3] - محمد فوزي أبو السعود، أحمد رمضان نعمة الله، عفاف عبد العزيز عايد، الموارد واقتصادياتها. الدار الجامعية، الاسكندرية، مصر، 2002، ص.104

1- اكتشاف البترول بكميات ضخمة، ووجود معظم هذه الاكتشافات في أيدي الشركات الأمريكية والأوروبية الكبرى، وقد سهل هذا في الحصول على أي كميات تريدها وبسعر رخيص بسبب غزارة الإنتاج.

2- رخص البترول وذلك على أساس المحتوى الحراري له بالمقارنة مع الفحم.

3- سهولة نقل البترول وخاصة عن طريق مد خطوط الأنابيب.

4- وجود صعوبات تواجه منتجي الفحم عند استخراجه، إلى جانب تكاليف نقله العالية جدا إلى أماكن استخدامه، هذا بالإضافة إلى الحاجة لوجود مخازن واسعة جدا لاستقبال الكميات المنتجة.

5- نظافة استخدام البترول بالمقارنة باستخدام الفحم، حيث يسبب استهلاك الفحم قدرا كبيرا من التلوث البيئي عند استخدامه كوقود وما ينتج عن ذلك مخلفات ضارة بالبيئة.

6- سعي الدول الصناعية للحفاظ على البيئة وسن القوانين التي تهدف إلى حماية البيئة والتقليل من درجة تلوثها، حيث أدى ذلك إلى غلق المئات من مناجم الفحم وتقليل الاستثمارات فيه.

وتغير بشكل كبير هيكل مصادر الطاقة منذ بداية القرن العشرين حتى الآن، فبعد أن كان الفحم سيد الموقف بين مصادر الطاقة خلال القرنين الثامن عشر والتاسع عشر، أخذ مركزه يتراجع منذ بداية القرن العشرين أمام النفط والغاز الطبيعي، وأخذت مكانته تتراجع أمام هذين المنافسين، وقد كانت العلاقة عكسية لصالح النفط والغاز الطبيعي، فانخفضت نسبة مساهمة الفحم من 95% في بداية القرن العشرين إلى 28.2% في بداية القرن الحادي والعشرين، وفي الوقت نفسه ارتفعت حصة النفط من 3.6% إلى 40.2% والغاز من 1.3% إلى 26.4%.[1]

[1]- عبد الرؤوف رهبان، الأهمية النسبية النوعية لموارد الطاقة، (دراسة في جغرافية الطاقة)، مجلة جامعة دمشق–المجلد- 27 العدد الأول والثاني، سوريا، 2011، ص365.

فانخفضت نسبة إسهام الفحم إلى 33.7% في بداية الستينيات، وفي الوقت نفسه ارتفعت نسبة إسهام النفط والغاز معا إلى 58% (43% للنفط و15% للغاز)[1].

2- البترول

النفط أو البترول كلمة ذات مقطعين مشتقة أصلها لاتيني، وتعني باللغة العربية زيت الصخر، كما أنه اشتهر بالذهب الأسود، وأحيانا يسمى نافثا من اللغة الفارسية (نافث ويعني قابليته للسريان)[2].

والنفط الخام عبارة عن مواد هيدروكربونية سائلة لها رائحة خاصة وتتباين ألوانه بين الأسود المخضر إلى البني والأصفر، كما تختلف لزوجته وبالتالي كثافته النوعية، أما المواد الهيدروكربونية الغازية فهي التي تشكل الغاز الطبيعي، وقد تتواجد هذه المواد السائلة (النفط الخام) والغازية (الغاز الطبيعي) جنبا إلى جنب في حوض بترولي واحد وقد تنفرد في الوجود، فهناك حقول نفطية غازية كحقول كركوك وباي حسن وجمبور في الحوض الشمالي في العراق، وهناك حقول غازية فقط في الجزائر، وحقول حوض البو في إيطاليا...[3]

2-1- أصل البترول وتاريخ ظهوره

البترول قديم قدم الحياة، ويبدو أن النفط سابق في قدمه الإنسان، إذ تقول بعض النظريات الحديثة أن عمر النفط يتجاوز 3 مليارات سنة في الوقت الذي لا يتجاوز فيه عمر الإنسان على الكرة الأرضية أكثر من 3 ملايين سنة، وقد كان النفط خلال الجزء الأول من تاريخه مدفونا في الصخور الرسوبية وبعيدا عن المتناول المباشر للإنسان، وكانت الاستخدامات الأولى للنفط محدودة وعابرة، فالحضارات القديمة كالحضارة الفرعونية وحضارة واد الرافدين والهنود الحمر كانت تستخدم هذه المادة السوداء واللزجة وذات الرائحة والتي تتدفق أحيانا بفعل العوامل الطبيعية إلى سطح الأرض في

[1] - عبد الرؤوف رهبان، الأهمية النسبية النوعية لموارد الطاقة، (دراسة في جغرافية الطاقة)، مجلة جامعة دمشق–المجلد- 27 العدد الأول والثاني، سوريا، 2011 ، ص382.

[2]- نبيل جعفر عبد الرضا، اقتصاد النفط، دار إحياء التراث العربي للطباعة والنشر والتوزيع،ط1، بيروت، لبنان، 2011، ص 11.

[3] - محمد أزهر السماك، زكريا عبد الحميد باشا، دراسات في اقتصاديات النفط والسياسة النفطية. جامعة الموصل، ط1، الموصل، العراق، ص15.

علاج بعض الأمراض وتضميد بعض الجروح وطلاء السفن (انظر الهامش)[1]، وعرف البترول لقرون وربما لألفية، وكان قد استخدم في الحروب منذ العام 670 ميلادية، عندما قام الإمبراطور كونستانتين الرابع بوضع وسائل لقذف قوارير اللهب على السفن والتي تقوم بصب البترول المشتعل على سفن العدو، وكان للنفط أيضا دور تاريخي طويل في استخدامه في الختم والتزييت وأيضا لأهداف علاجية، وكان استخراجه محدودا ويقتصر على بعض المناطق في العالم حيث كان يتسرب إلى سطح الأرض بكميات قليلة.[2]

وقصة النفط ليست بحديثة العهد فقد عرف الإنسان هذه المادة واستعملها للإنارة في البيوت والمعابد وفي معالجة الأمراض الجلدية منذ القدم.[3]

في نهاية القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين بدأ مصدر جديد آخر للطاقة قيد الاستخدام وهو البترول، وكما كانت الحال مع الفحم، فإن بضعة من الناس فقط كان لديهم في البداية فكرة طفيفة عن نتائج استثمار مورد الطاقة الجديد هذا، ولكن كما كان للفحم دور كبير في تشكيل الحياة الاقتصادية والسياسية والاجتماعية في القرن التاسع عشر، فإنه كان للبترول هكذا دور في القرن العشرين من النواحي السابقة.[4]

2-2- الآثار الناجمة عن الإسراف في استخدام البترول

إن الإسراف في استخدام النفط ومشتقاته يزيد من التلوث البيئي وبشكل طردي وكلما ازداد استخدام هذا المورد بنسب كبيرة يزداد التلوث، ولما كانت التنمية والتطور التكنولوجي تعتمد أساسا على المورد

---

[1] - يعتقد البعض أن النبي نوح عليه السلام كان أول من اهتدى إلى النفط واستخدمه في طلاء سفينته التي نقلت الكائنات الحية وأنقذت الحياة من الطوفان العظيم، وقد يكون الفراعنة أول من استخدم قار النفط في عمليات تحنيط جثث كبار ملوكهم ونبلائهم، وكذلك استخدمه الفراعنة في طلاء السفن وحمايتها من المياه وترجع هذه التقنية إلى المصريين القدماء منذ أكثر من 3000 سنة، واستخدمه قدماء المصريون في عمليات التجميل كطلاء العيون والأظافر ويخلط مع الفاكهة والزيوت العطرية ليستخدم كعطر عالي الجودة ومرهم لعلاج الأمراض الجلدية، وقد ترك البابليون ما يدل على ذلك، فيما يعتقد البعض الآخر بأن أول عهد البشرية بالنفط كان في بلاد الرافدين وإيران، وفي عام 331 قبل الميلاد هاجم جنود فارس خيمة الملك المقدوني الاسكندر الأكبر بأوعية فخارية معبأة بالنفط الذي كان يجمع على شواطئ بحر الخزر بحر قزوين حاليا.

[2] - ريتشارد هاينبرغ، مرجع سابق، ص93.

[3] - نبيل جعفر عبد الرضا، اقتصاد النفط، دار إحياء التراث العربي للطباعة والنشر والتوزيع،ط1، بيروت، لبنان، 2011، ص13.

[4] - ريتشارد هاينبرغ، انتهت الحفلة، سراب النفط (النفط والحرب ومصير المجتمعات). ترجمة انطوان عبد الله، الدار العربية للعلوم. ط1، 2005، بيروت، لبنان، ، ص92.

النفطي، مما يعني الزيادة في نسبة التلوث، وان والآثار السلبية التي يتركها الإسراف في استخدام النفط لم تكن مؤشرة في بداية الثورة الأوروبية لكون البيئة كانت نظيفة ولديها ألقدره على التوازن البيئي وذلك لوجود الغطاء الأخضر الذي يؤدي إلى توازنها، لكن قطع الكثير من النباتات لتحل محلها الطرق والمصانع والمحلات والسكن جعل الأرض تتصحر ويصبح هناك اختلال في التوازن البيئي، وقد بدأت هذه الظاهرة تتجسد في النصف الثاني من القرن الماضي وتحديدا عام 1952، بسبب تطور الصناعة وكثرة الحروب وارتفاع مستوى الدخل وكثرة عدد السكان ودخول المعسكر الاشتراكي والدول النامية في مجال التصنيع كل هذا أدى إلى الإسراف في استخدام المشتقات النفطية وبالتالي تأثيرها على البيئة وعلى التنمية المستدامة[1]، وهنا لابد من الإشارة إلى أهم السلبيات كالآتي:

- التأثير على صحة الإنسان
- التلوث الهوائي
- التلوث المائي
- الأمطار الحمضية
- الاحتباس الحراري

2-2- تطور احتياطي وإنتاج واستهلاك البترول

تطور احتياطي البترول في العالم

لقد شهد احتياطي البترول في العالم تطور كبيرا وسريعا نتيجة تزايد البحث والاكتشافات، المستمرة قصد تلبية الطلب المتزايد على البترول، والجدول التالي يبن تطور احتياطي البترول على مستوى العالم.

[1] - جعفر طالب أحمد الجنديل، جليل كامل غيدان،الإسراف في استخدام المشتقات النفطية وأثره على البيئة. الغري للعلوم الاقتصادية والإدارية، جامعة واسط / كلية الإدارة والاقتصاد، العراق ، ص19.

الجدول (1): تطور احتياطات البترول في العالم (1980 – 2020)

السنوات	**الاحتياطي** (ألف مليون برميل)
1980	683,4
1990	1027,5
2000	1300,9
2010	1636.9
2020	1732.4

المصدر : إعداد الطالب، اعتمادا على:BP statistical review of world energy

من خلال الجدول نلاحظ أن احتياطي البترول العالمي عرف تطور كبيرا ومستمرا، حيث بلغ في سنة 1980 ما مقدره 683,4 ألف مليون برميل، ووصل إلى 1732,4 ألف مليون برميل سنة 2020.

- تطور إنتاج واستهلاك البترول في العالم

يمكن توضيح تطور إنتاج واستهلاك البترول في العالم من خلال الجدول التالي:

(2) تطور إنتاج واستهلاك البترول في العالم (1970– 2020)

السنوات	الإنتاج (ألف برميل /يوم)	الاستهلاك (ألف برميل /يوم)
1970	48056	45348
1980	62959	61244
1990	65385	66761
2000	74983	76902
2010	83293	86568
2020	88391	88696

المصدر : إعداد الطالب، اعتمادا على: BP statistical review of world energy

من خلال الجدول نلاحظ أن إنتاج البترول في العالم عرف تطور ما بين 1970 و2020، عندما انتقل الإنتاج من 48056 ألف برميل في اليوم إلى 88696 ألف برميل في اليوم، ويعود سبب ذلك التطور إلى زيادة الطلب على البترول نتيجة التطور الصناعي الذي يشهده العالم، وبالمقابل فإن الاستهلاك العالمي للبترول عرف تطور أيضا حيث بلغ في سنة 1970 ما يعادل 45348 ألف برميل في اليوم، ووصل إلى 92086 ألف برميل في اليوم في 2020، وهو ما يؤكد أيضا أن تطور الاستهلاك أكثر من تطور الإنتاج، ما يستلزم التحول نحو استغلال طاقات أخرى.

3- الغاز الطبيعي

3-1- نشأة الغاز الطبيعي

الغاز الطبيعي هو خليط من الغازات القابلة للاحتراق، والتي تتغير نسبها ومكوناتها من حقل إلى آخر، وإن خاصية قابلية الاحتراق، تولد لنا قدرا كبيرا من الطاقة .وإن تكوين الغاز الطبيعي يمكن أن تتفاوت على نطاق واسع من منطقة لأخرى وحتى في نفس المنطقة، وقد اكتسب أهميته الاقتصادية منذ اكتشافه سنة 1920 ، وقد بقي الغاز المنتج حتى الحرب العالمية الثانية في معظمه غازا مرافقا، وهو ما برر إحراقه وإهداره على النحو السائد في تلك الفترة، وذلك لأن أسواق الاستهلاك كانت بعيدة عن استيعاب الكميات المنتجة، كما أن وسائل نقله لم تكن متطورة .غير أن ازدياد الطلب على الطاقة بعد الحرب العالمية الثانية، وحدوث تطور تكنولوجي هائل في مجال استخدام الأنابيب كواسطة لنقل الغاز عبر شبكات واسعة، أسهم في ازدياد إنتاجه والبحث عنه، ومع مطلع السبعينيات من القرن العشرين إلى يومنا الحالي، بدأ التوجه نحو استثمار الغاز الطبيعي بشكل واسع في جميع أرجاء العالم، وبالتالي احتل الغاز الطبيعي مكانة مرموقة بين مصادر الطاقة البديلة[1].

[1] - مخلفي أمينة ، النفط والطاقات البديلة المتجددة وغير المتجددة. مجلة الباحث، جامعة ورقلة، الجزائر، العدد 09، 2011، ص221.

ويعتبر الغاز الطبيعي من بين أهم مصادر الطاقة التي يعتمد عليها العالم، كما أنه يزود احتياجات العالم من الطاقة بنسبة كبيرة، ويبقى الطلب عليه في تزايد مستمر دائما نظرا لاستعمالاته المختلفة، رغم أنه يعتبر مصدرا غير متجددا، لكن احتوائه على كمية قليلة من الكربون، ووفرة احتياطاته جعل منه مصدرا نظيفا غير ملوث للبيئة بديلا للنفط، وقد كان لا يشكل إلا نسبة ضئيلة من مصادر الطاقة لا تتجاوز 0,3% عام 1938م، ارتفعت إلى 24% عام 2011م، وترجع حصة الغاز المتواضعة في الماضي إلى عدد من الأسباب الفنية والاقتصادية، كتوافر كميات كبيرة من النفط بأسعار منخفضة مقارنة بالغاز الذي يحتاج إلى رؤوس أموال كبيرة، والسبب الآخر هو صعوبة الحصول عليه، لذلك كان يحرق بحكم توافر الفرصة البديلة أمام الشركات النفطية، ولكن التطور التكنولوجي الهائل قد انعكس على استغلال الغاز من حيث ظهور وسائل حديثة لنقل الغاز بالأنابيب أو الناقلات، فضلا عن زيادة كميات الاحتياطي المكتشف من الغاز في العالم[1].

كما يعتبر الغاز الطبيعي في الوقت الراهن، الوقود المثالي في الاستعمال، لما يتصف به من خصائص، حيث يتوفر بكميات كبيرة مع سهولة استخراجه ونقله، كما يتمتع بتركيبة كيميائية بسيطة نسبيا وبطاقة حرارية عالية، وهذا بسبب خاصية الاحتراق السهل والكامل له، ولا يتطلب عمليات معالجة كثيرة قبل استعماله مقارنة مع الفحم الحجري والنفط الخام، وكونه خال من الشوائب فهو لا يعطي عند احتراقه أي بقايا وهذا ما يكسبه خاصية الاحتراق النظيف[2].

وقدرت احتياجات الغاز الطبيعي في العالم في مطلع 2007 بنحو 54722 مليار متر مكعب، تمتلك قطر والسعودية منها ما نسبته 48% و13,4% على التوالي، يلي ذلك دولة الإمارات العربية

[1] - نبيل جعفر عبد الرضا، اقتصاد النفط، دار إحياء التراث العربي للطباعة والنشر والتوزيع،ط1، بيروت، لبنان، 2011، ص 168.
[2] - مخلفي أمينة ، النفط والطاقات البديلة المتجددة وغير المتجددة. مجلة الباحث، جامعة ورقلة، الجزائر، العدد 09، 2011، ص222.

المتحدة ثم الجزائر بنسبة 11,3% و 8,4% على الترتيب، ويأتي ترتيب دولة قطر الثالث على مستوى العالم بعد روسيا وإيران[1].

والملاحظ من خلال هذه الأرقام يتبين أن الدول العربية لها احتياطي كبير من الغاز الطبيعي، وهو كفيل بأن يكون بديلا للبترول خاصة إذا نظرنا إليه من ناحية أنه مصدرا نظيفا للطاقة.

3-2- تطور احتياطي وإنتاج واستهلاك الغاز الطبيعي

تطور احتياطات الغاز الطبيعي في العالم

يمكن الوقوف عند تطور احتياطات الغاز الطبيعي في العالم، من خلال الجدول التالي:

الجدول (3): تطور احتياطات الغاز الطبيعي في العالم (1980 - 2020)

السنوات	**الاحتياطي** (تريليون متر مكعب)
1980	71,6
1990	109,4
2000	139,2
2010	179,9
2020	188,1

المصدر : إعداد الطالب، اعتمادا على:BP statistical review of world energy

من خلال الجدول نلاحظ أن احتياطات الغاز الطبيعي في العالم عرفت تطورا كبيرا، إذ بلغت 71,6 تريليون متر مكعب في 1980، ووصلت إلى 188,1 تريليون متر مكعب في 2020.

[1]- منير علي الجنزوري، الوقود الحيوي ومصادر الطاقة المتجددة، نحو حل مشكلة الطاقة في العالم. دار الفكر العربي، ط1، القاهرة ، مصر، 2010، ص23.

2- تطور إنتاج واستهلاك الغاز الطبيعي في العالم

عرف إنتاج واستهلاك الغاز الطبيعي في العالم تطورا كبيرا، بسبب تزايد الطلب عليه بالإضافة إلى أهميته الاقتصادية كمصر للطاقة، والجدول الموالي يبين تطور إنتاج واستهلاك الغاز الطبيعي في العالم.

الجدول (4): تطور إنتاج واستهلاك الغاز الطبيعي في العالم (1970 – 2020)

السنوات	الإنتاج (بليون متر مكعب)	الاستهلاك (بليون متر مكعب)
1970	992,4	979,6
1980	1434,8	1435,8
1990	1983,1	1958,1
2000	2416,1	2417,7
2010	3150.8	3160.5
2020	3853.7	3822.8

المصدر : إعداد الطالب، اعتمادا على:BP statistical review of world energy

من خلال الجدول نلاحظ أن كلا من إنتاج واستهلاك الغاز الطبيعي على مستوى العالم عرف تطور كبيرا، حيث بلغ الإنتاج 992,4 بليون متر مكعب في سنة 1970، ووصل إلى 3853.7 بليون متر مكعب في سنة 2020، ومن جهة أخرى بلغ الاستهلاك العالمي للغاز الطبيعي 979,6 بليون متر مكعب سنة 1970، ووصل إلى 3822.8 بليون متر مكعب في سنة 2020، وهو ما يبين أن نسبة الإنتاج أكثر بقليل من نسبة الاستهلاك.

المحور الثالث: الطاقة المتجددة

تمهيد

لقد توصل المجتمع الدول في السنوات الأخيرة إلى أن مصادر الطاقة التقليدية أو ما يعرف بالطاقة الأحفورية، سوف تتعرض للنضوب عاجلا أم آجلا، ناهيك على أنها ستزيد من حدة التلوث البيئي، لذلك بدأ البحث عن مصادر بديلة، سواء كانت طاقات بديلة متجددة أو غير متجددة، بمعنى أن القناعة بالحاجة لمصادر جديدة للطاقة قد ازدادت ليس فقط من منطلق أن بدأت بالنضوب، بل أيضا لو بقيت مصادر الطاقة التقليدية على مستوياتها الحالية فهي لا تكفي لسد احتياجات البشرية خلال الخمسين أو المائة عاما القادمة[1].

[1] - سهيل كيوان، مرجع سابق، ص 12.

أولا: ماهية الطاقة المتجددة

1- مفهوم الطاقة المتجددة

الطاقة المتجددة هي الطاقة المستمدة من المصادر المتجددة التي لا تنضب وتتجدد يوما بعد يوم وبالتالي يجب أن تكون هذه المصادر مستمدة من الموارد الطبيعية ومن هذا المنطلق فهي طاقة مستدامة، وتشمل هذه المصادر الطاقة الشمسية وطاقة الرياح وطاقة المحيط وطاقة المد والجزر وطاقة باطن الأرض والطاقة المأخوذة من المخلفات النباتية والغاز الحيوي وطاقة المياه.[1]

الطاقة المتجددة هي الطاقة المستمدة من الموارد الطبيعية التي تتجدد أو التي لا يمكن أن تنفذ (الطاقة المستدامة) ومصادر الطاقة المتجددة، تختلف جوهريا عن الوقود الأحفوري من بترول وفحم والغاز الطبيعي، أو الوقود النووي الذي يستخدم في المفاعلات النووية، ولا تنشأ عن الطاقة المتجددة في العادة مخلفات كثاني أكسيد الكربون أو غازات ضارة أو تعمل على زيادة الانحباس الحراري كما يحدث عند احتراق الوقود الأحفوري أو المخلفات الذرية الضارة الناتجة من مفاعلات القوي النووية[2].

كما أن الطاقة المتجددة عبارة عن مصادر طبيعية دائمة وغير ناضبة ومتوفرة في الطبيعة سواء أكانت محدودة أو غير محدودة ولكنها متجددة باستمرار، وهي نظيفة لا ينتج عن استخدامها تلوث بيئي نسبيا، ومن أهم هذه المصادر الطاقة الشمسية التي تعتبر في الأصل هي الطاقة الرئيسية في تكون مصادر الطاقة وكذلك طاقة الرياح وطاقة المد والجزر والأمواج[3].

وتنتج الطاقة المتجددة من الرياح والمياه والشمس، كما يمكن إنتاجها من حركة الأمواج والمد والجزر أو من طاقة حرارة أرضية وكذلك من المحاصيل الزراعية والأشجار المنتجة للزيوت .إلا أن تلك الأخيرة لها مخلفات تعمل على زيادة الانحباس الحراري. حاليا أكثر إنتاج للطاقة المتجددة يُنتج

---

[1] - سهيل كيوان، الطاقة المتجددة سر الاهتمام! وإلى أين؟. جامعة العلوم والتكنولوجيا الأردنية إربد، الأردن، مجلة تصدر عن مركز البيئة للمدن العربية، العدد الأول، جانفي 2012، ص12.

[2] - مجد جرعتلي، الموقع: www.green-studies.com ، مرجع سابق.

[3] - مشروع الإنارة باستخدام الطاقة الشمسية، معهد الأبحاث التطبيقية، القدس (أريج)، فلسطين، ص3.

في محطات القوي الكهرومائية بواسطة السدود العظيمة أينما وجدت الأماكن المناسبة لبنائها على الأنهار ومساقط المياه، وتستخدم الطرق التي تعتمد على الرياح والطاقة الشمسية طرق على نطاق واسع في البلدان المتقدمة وبعض البلدان النامية ؛ لكن وسائل إنتاج الكهرباء باستخدام مصادر الطاقة المتجددة أصبح مألوفا في الآونة الأخيرة، وهناك بلدان عديدة وضعت خططا لزيادة نسبة إنتاجها للطاقة المتجددة بحيث تغطي احتياجاتها من الطاقة بنسبة 20% من استهلاكها عام 2020[1]، وفي مؤتمر كيوتو باليابان اتفق معظم رؤساء الدول علي تخفيض إنتاج ثاني أكسيد الكربون في الأعوام القادمة وذلك لتجنب التهديدات الرئيسية لتغير المناخ بسبب التلوث واستنفاد الوقود الأحفوري، بالإضافة للمخاطر الاجتماعية والسياسية للوقود الأحفوري والطاقة النووية[2]. يزداد مؤخراً ما يعرف باسم تجارة الطاقة المتجددة الذي هي نوع الأعمال التي تتدخل في تحويل الطاقات المتجددة إلى مصادر للدخل والترويج لها، التي على الرغم من وجود الكثير من العوائق اللاتقنية التي تمنع انتشار الطاقات المتجددة بشكل واسع مثل كلفة الاستثمارات العالية البدائية وغيرها إلا أن ما يقارب 65 دولة تخطط للاستثمار في الطاقات المتجددة، وعملت على وضع السياسات اللازمة لتطوير وتشجيع الاستثمار في الطاقات المتجددة[3].

كما أن الانتقال إلى طاقة نظيفة ومستدامة مرتبط بخمسة مبادئ:[4]

– تطبيق حلول متجددة ولا تسبب التلوث، وعلى وجه الخصوص الانتقال إلى أنظمة لا مركزية لتأمين الطاقة الكهربائية.

– الاعتراف بالحاجة للبقاء ضمن الحدود الطبيعية للبيئة.

– طور الابتعاد عن مصادر الطاقة الملوثة وغير المستدامة.

---

[1]- علي عبد الله العرادي، ملف حول التنمية المستدامة (المتجددة)، دراسات وقوانين، مجلس الشورى، 30 جانفي (يناير) 2012، ص4

[2] - مجد جرعتلي، الموقع: www.green-studies.com ، مرجع سابق.

[3] - علي عبد الله العرادي، مرجع سابق، ص4.

[4] - بيتر ميسين ليزلي هنتر، مرجع سابق. ص10.

– مزيد من المساواة الاجتماعية والسياسية في استخدام مصادر الطاقة.

– سياسات تؤدي إلى تنمية اقتصادية متوازنة من خلال الاستهلاك الرشيد للطاقة.

يكمن جوهر القيام بثورة طاقية قادرة على تلبية تنامي الطلب على الطاقة في تبني نظم طاقية لامركزية، تنتج فيها الكهرباء والحرارة في مواضع قريبة من أمكنة استخدامها النهائي، ما يضمن تجنّب هدر الطاقة وضياعها عبر نقلها وتوزيعها.

2- أسباب البحث عن الطاقات المتجددة

هناك مجموعة من الأسباب ألزمت على المجتمع الدولي البحث عن مصادر طاقوية بديلة وتطويرها، ويرتبط البحث عن هذه المصادر بعدة أسباب أهمها:[1]

– التخلص من عبء الارتفاع الكبير في أسعار النفط، وما ينجم عنه من آثار اقتصادية واجتماعية وأمنية سلبية.

– تحييد أحد مصادر القوة التي يمتلك أغلبها العرب والمسلمين.

– القلق العالمي المتزايد من نضوب النفط أو نفاد احتياطاته، وما سيترتب على ذلك من تداعيات على الاقتصاد العالمي.

– التخلص من المشاكل البيئية المترتبة على إنتاج النفط مثل التلوث البيئي والارتفاع في درجة حرارة الأرض.

3- أهمية الطاقة المتجددة

إن الانتقال إلى عصر الطاقة المتجدّدة في أي دولة يحتاج إلى تضافر بين شتى فئات المجتمع، ولا يتأتّى هذا التضافر إلا عن اقتناع تام لدى الفئات كلّها بضرورة استعمال مصادر الطاقة المتجددة بدلا من مصادر الطاقة التقليدية، والطاقة المتجددة لم تعد من قبيل الرفاهية المجتمعية بقدر تحولها

[1] ـ نبيل جعفر عبد الرضا، مرجع سابق، ص، 167.

إلى ضرورة من ضرورات التنمية المعاصرة، كون الطاقة المتجددة باتت شرطا أساسيا من شروط استدامة هذه التنمية، لم تعد مصادر الطاقة المتجددة حكرا على الدول المتقدمة صاحبة التقدم التكنولوجي والعلمي، بل أصبح بمقدور الدول النامية اللحاق بهذا الركب واستخدام الطاقة المتجددة، بل هناك دول نامية لديها فرصاً للاستفادة من بدائل الطاقة المتجددة أفضل من دول أخرى متقدمة، كما أن مصادر الطاقة المتجددة فتحت آفاقا جديدة للدول الفقيرة في مصادر الطاقة التقليدية، فأوجدت فرصا لتأمين الطاقة المتجددة عبر بدائل أقل ثمنا، وأكثر صداقة للبيئة، وأكثر استدامة[1].

حيث أيد الاتحاد العالمي لحفظ الطبيعة اليوم النتائج التي توصل إليها الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ في تقريره الخاص حول مصادر الطاقة المتجددة والتخفيف من التبعات السلبية لتغيير المناخ، وقال بيان صادر عن الاتحاد أن العالم كان يحصل حتى عام 2008 على 13% من الطاقة من خلال مصادر الطاقة المتجددة، بينما يؤكد تقرير الفريق الحكومي الدولي أن العالم يمكن أن يحصل في عام 2050 على 80% تقريبا من احتياجات الطاقة بما في ذلك ارتفاع الطلب عليها المتوقع في البلدان النامية. وأضاف أن العالم يمكن أن يعمل بمزيد من الطاقة المتجددة وان البشرية ليست بحاجة إلى تأخير الانتقال نحو مزيد من مصادر الطاقة المستدامة.

ووصفت المدير العام للاتحاد جوليا مارتن لوفيفر هذا التقرير بأنه "خبر عظيم لهذا الكوكب ولسكانه فضلا عن المناخ" مطالبة الحكومات بدراسة نتائج التقرير ووضعها بسرعة في قالب سياسات تمهد طريقا نحو (الاقتصاد الأخضر)، وذكرت لوفيفر أن العالم ليس بحاجة لانتظار اختراعات جديدة اذ يمكن للتحول العالمي تجاه الطاقة النظيفة أن يتحقق مع تطبيق التقنيات القائمة المستدامة مثل الطاقة الحيوية والرياح والطاقة الشمسية والطاقة المائية، ويبين التقرير "أن الحواجز الرئيسة التي تقف وراء تطبيق الطاقات المتجددة هي اجتماعية واقتصادية وليست تقنية، إذ ثبت في بعض الحالات أن

[1]- علي عبد الله العرادي، مرجع سابق، ص6.

الطاقة المتجددة هي بالفعل قادرة على المنافسة اقتصاديا مع مصادر الوقود الأحفوري"، من جهته قال مدير الاقتصاد والبيئة بالاتحاد خوان ماركو الفاريز أن "المجتمع البيئي يجب أن يعمل مع صناعة الطاقة المتجددة في إدارة فعالة للآثار البيئية والاجتماعية لخيارات الطاقة للمساعدة على فهمها وتحسين إدارتها وتلافي سلبياتها"[1].

يحتاج الاقتناع المجتمعي بضرورة الانتقال إلى عصر الطاقة المتجددة إلى جهود استثنائية في مجال التوعية بهذا الشأن، وتصبح جهود التوعية أكثر فعاليّة عندما تتسم بالتوازن، وتكون شاملة لمختلف فئات المجتمع من دون استثناء، و عندما تتسم هذه التوعية بقدر كبير من التنوّع من حيث المضمون، ومن حيث الوسائط المستخدمة في توصيلها إلى المجتمع المستهدف، سواء أكانت عبر وسائل الإعلام المقروءة، أم المسموعة، أم المرئيّة، أم كان ذلك عبر الاتصال المباشر بالفئات المستهدفة، وهي الطريقة الأكثر فعالية، وتحتل توعية النشىء من الأطفال والشباب بأهمية الطاقة المتجددة والنظيفة أهمية خاصة، وهذا يتم من خلال العديد من الوسائل، منها تحويل المدارس إلى مدارس خضراء صديقة للبيئة، كما حدث في حالة "مدرسة ليوا الدولية"، التي تعد أول مدرسة خضراء في دولة الإمارات، التي عرضت تجربتها على هامش الدورة الرابعة للقمة العالمية لطاقة المستقبل في أبو ظبي.[2]

وتقوم فكرة المدرسة الخضراء على الاستعانة بالألواح الشمسية في توليد الطاقة الكهربائية اللازمة لأغراض الإنارة وتشغيل أجهزة التبريد والتكييف، والأجهزة والآلات المستخدمة في إنجاز الأعمال اليومية للمدرسة، كما تقوم المدرسة بإعادة تدوير المياه واستخدامها في أغراض الري والتنظيف، وكذلك زراعة مساحات خضراء في المدرسة، وتغطية جدرانها وأسقفها بطبقة من النباتات الخضراء، لتعمل كطبقة عازلة تقلل امتصاص الحرارة، وتساعد على تنقية الهواء، ولعل مثل هذه المبادرات تجعل

[1] - http://www.taqat.org/energy/751 ، تاريخ الاطلاع: 2014/01/12.
[2] - علي عبد الله العرادي، مرجع سابق، ص6.

النشء جزءا من منظومة العمل المجتمعي الساعي إلى التحول إلى عصر الطاقة المتجددة، ولعل تعميم مثل هذه المبادرة على مختلف مناطق الدولة يوجد جيلا كاملا لديه وعيّ تام بأهمية الطاقة المتجددة ومصادرها كبديل آمن ونظيف للطاقة، ولديه القدرة على استخدام هذه المصادر الحيوية في حياته اليومية .

ويعد الأطفال والشباب ذخيرة المستقبل، فإن تنشئتهم على إدراك أهمية مصادر الطاقة المتجددة يمثل ضمانة بأن دولهم ستتحول في المستقبل القريب إلى دولة ومجتمع صديق للبيئة يعتمد على مصادر الطاقة المتجددة والنظيفة[1].

4- ميزات استخدام الطاقة المتجددة:

تتميز الطاقة المتجددة بعدة مميزات أهمها ما يلي:[2]

- الطاقة المتجددة لا تنضب.
- تعطي طاقة نظيفة خالية من النفايات (بكافة أنواعها).
- تهدف أولا إلى حماية صحة الإنسان .
- المحافظة على البيئة الطبيعية.
- ذات تكلفة إنتاج بسيطة .
- تحسين معيشة الإنسان والحد من الفقر.
- تأمين فرص عمل جديدة.
- الحد من الانبعاثات الغازية والحرارية الضارة وعواقبها الخطيرة.
- انخفاض عدد وشدة الكوارث الطبيعية الناتجة عن الاحتباس الحراري.
- عدم تشكل الأمطار الحمضية التي تلحق الضرر بكافة المحاصيل الزراعية و أشكال الحياة.

[1] - علي عبد الله العرادي، مرجع سابق، ص7.
[2] - مجد جرعتلي، الموقع: www.green-studies.com ، مرجع سابق.

– الحد الكبير من تشكل وتراكم النفايات الضارة بكافة أشكالها (الغازية والسائلة والصلبة).

– حماية كافة الكائنات الحية وخاصة المهددة بالانقراض.

– حماية المياه الجوفية والأنهار والبحار والثروة السمكية من التلوث.

– المساهمة في تأمين الأمن الغذائي.

– زيادة إنتاجية المحاصيل الزراعية نتيجة تخلصها من الملوثات الكيميائية والغازية.

وفي الختام يمكن القول بأنه يوجد اتجاه في شتى دول العالم المتقدمة والنامية يهدف لتطوير سياسات الاستفادة من كافة أنواع الطاقة المتجددة واستثمارها، وذلك كسبيل للحفاظ على صحة الإنسان من ناحية والمحافظة على البيئة من ناحية أخرى ، بالإضافة إلى إيجاد مصادر وأشكال أخرى من الطاقة تكون لها إمكانية الاستمرار والتجدد، والتوفر بتكاليف أقل، في مواجهة الطلب الكبير على الطاقة والنمو الاقتصادي السريع والمتزايد، وهو الأمر الذي من شأنه أن يحسن نوعية حياة الإنسان و يحسّن أيضا البيئة العالمية والمحلية.

وبخلاف مصادر الطاقة الهيدروكربونية، تستخلص الطاقة المتجددة من مصادر تتجدد باستمرار ولا يمكن أن تنضب حيث.[1]

– تعتمد الطاقة الشمسية على أشعة الشمس بصورةٍ مباشرة أو غير مباشرة، ويمكن استخدامها في عمليات التبريد والتدفئة، وتوليد الكهرباء، والإنارة، وتحلية المياه، وفي العديد من الاستخدامات الصناعية والتجارية.

– تلتقط طاقة الرياح قدرتها من الرياح من خلال العنفات الهوائية.

[1] - بيتر ميسين ليزلي هنتر، مرجع سابق، ص23.

– يعتمد استخلاص طاقة الكتلة الحيوية على معالجة النباتات والمواد المشتقة من النبات مثل الأخشاب وبقايا الأطعمة والنباتات العشبية والخشبية وفضلات الزراعة والمكونات العضوية للنفايات الصناعية والحيوانية والبشرية.

– يعتمد استخلاص طاقة الحرارة الجوفية على حرارة الأرض الناتجة عن مخزونات المياه الحارة والبخار الموجودة في القشرة الأرضية تحت سطح الأرض.

– تعتمد طاقة المحيط على التقاط الطاقة الحرارية الناتجة عن حرارة الشمس والطاقة الميكانيكية الناتجة عن المد والجزر والتيارات المائية والأمواج.

– تلتقط القوة المائية الطاقة من الماء الجاري لتحريك العنفات وتوليد الكهرباء.

– بوسع الطاقة المتجددة تلبية جميع متطلبات العالم من الطاقة إن استخدمت على نحو ملائم.

ثانيا: مصادر الطاقة المتجددة

تتمثل مصادر الطاقة المتجددة في الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة المائية والطاقة الجوفية لحرارة باطن الأرض وطاقة الكتلة الحيوية وطاقة الهيدروجين.

1- الطاقة الشمسية

1-1- مفهوم الطاقة الشمسية:

تعد الشمس من أكبر مصادر الضوء والحرارة الموجودة على وجه الأرض، وتتوزع هذه الطاقة على أجزاء الأرض حسب قربها من خط الاستواء، وهذا الخط هو المنطقة التي تحظى بأكبر نصيب من تلك الطاقة، والطاقة الحرارية المتولدة عن أشعة الشمس يُستفاد منها من خلال تحويلها إلى (طاقة كهربائية) بواسطة ألواح (الخلايا الشمسية)[1].

والطاقة الشمسية هي الضوء المنبعث والحرارة الناتجة عن الشمس اللذان قام الإنسان بتسخيرهما لمصلحته منذ العصور القديمة باستخدام مجموعة من وسائل التكنولوجيا التي تتطور باستمرار، وتعزى معظم مصادر الطاقة المتجددة المتوافرة على سطح الأرض إلى الإشعاعات الشمسية بالإضافة إلى مصادر الطاقة الثانوية، مثل طاقة الرياح وطاقة الأمواج والطاقة الكهرومائية والكتلة الحيوية، من الأهمية هنا أن نذكر أنه لم يتم استخدام سوى جزء صغير من الطاقة الشمسية المتوافرة في حياتنا[2]، لذلك تعتبرا لشمس المصدر الرئيس لمعظم مصادر الطاقة المتجددة والمعروفة حاليا، فعلى سبيل المثال المحرك الرئيس للرياح هو اختلاف درجات حرارة الأرض الناتج عن حرارة الشمس وكذلك الحال بالنسبة للنباتات فإنتاج غذائها لا يتم إلا من خلال وجود أشعة الشمس، أما الطاقة الشمسية والتي يقصد بها هنا الطاقة التي تصل إلينا مباشرة من أشعة الشمس فتعتبر أهم مصادر الطاقة المتجددة[3].

---

[1]- مجد جرعتلي، الموقع: www.green-studies.com ، مرجع سابق.
[2] - علي عبد الله العرادي، مرجع سابق، ص23.
[3]- سهيل كيوان، مرجع سابق، ص 14.

الطاقة الشمسية هي طاقة يتم الحصول عليها من ضوء الشمس، والضوء من الشمس قد يستعمل لتوليد الطاقة الكهربائية، وتزويد البنايات بالتدفئة والتبريد ولتسخين الماء، وقد استعملت الطاقة الشمسية لآلاف السنين[1]، وهناك أيضا طريقتان لتجميع الطاقة الشمسية، الأولى بأن يتم تركيز أشعة الشمس على مجمع بواسطة مرايا محدبة الشكل، ويتكون المجمع عادة من عدد من الأنابيب بها ماء أو هواء، تسخن حرارة الشمس الهواء أو تحول الماء إلى بخار. أما الطريقة الثانية، ففيها يمتص المجمع ذو اللوح المستوى حرارة الشمس، وتستخدم الحرارة لتنتج هواء ساخن أو بخار[2].

كما يتم توليد طاقة كهربية من الطاقة الشمسية بواسطة محركات حرارية أو محولات فولتاضوئية، وبمجرد أن يتم تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربية، فإن براعة الإنسان هي فقط التي تقوم بالتحكم في استخداماتها، ومن التطبيقات التي تتم باستخدام الطاقة الشمسية نظم التسخين والتبريد خلال التصميمات المعمارية التي تعتمد على استغلال الطاقة الشمسية، والماء الصالح للشرب خلال التقطير والتطهير، واستغلال ضوء النهار، والماء الساخن، والطاقة الحرارية في الطهي، ودرجات الحرارة المرتفعة في أغراض صناعية، وتتسم وسائل التكنولوجيا التي تعتمد الطاقة الشمسية بشكل عام بأنها إما أن تكون نظم طاقة شمسية سلبية أو نظم طاقة شمسية إيجابية وفقًا للطريقة التي يتم استغلال وتحويل وتوزيع ضوء الشمس من خلالها[3].

وتجدر الإشارة إلى أن المنطقة العربية وخصوصاً الشرق الأوسط وشمال أفريقيا أهم مناطق في العالم التي يتوفر فيها هذا المصدر، ويمكننا القول بأن كمية الشعاع الشمسي الساقط على مسافة 500كم مربع في الصحراء العربية تكفى لسد احتياجات العالم عام 2050 م[4].

---

[1] - سمير سعدون مصطفى، بلال عبد الله ناصر، محمود خضر سلمان. الطاقة البديلة مصادرها واستخداماتها. دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع، ط1، عمان، الأردن، 2011، ص، 135.

[2] - مجد جرعتلي، ، الموقع: www.green-studies.com ، مرجع سابق.

[3] - علي عبد الله العرادي، مرجع سابق، ص23.

[4] - سهيل كيوان، مرجع سابق، ص 14.

1-2- استخدامات الطاقة الشمسية

يمكن أن تستخدم الطاقة الشمسية في أغراض التدفئة الخاصة بالمنازل وغيرها، ولتسخين المياه للأغراض المنزلية والصناعية وتبريدها ولتحلية مياه البحر وتقطيرها، ولتجفيف المحاصيل الزراعية، كما أنه يمكن استخدامها لإدارة توربينات الكهرباء، ويبلغ معدل استخدام الطاقة الشمسية عالميا قبل عام 2002م بقدر يتراوح ما بين 10-12 تيراواط (تيراواط = 10 قوة 12 وات) سنويا[1].

إن تقنيات الطاقة الشمسية تستعمل الطاقة التي تنبعث من الشمس، إذ تندمج ذرات الهيدروجين بداخلها مكونة الهليوم، وتنتج هذه العملية كميات هائلة من الحرارة إذ تبلغ في مركز الشمس حدود عشرين مليون درجة مئوية وعلى سطحها المسمى فوتوسفير أكثر من خمسة آلاف درجة مئوية[2]، وتشمل التقنيات التي تعتمد على استغلال الطاقة الشمسية الإيجابية استخدام اللوحات الفولتاضوئية والمجمع الحراري الشمسي، مع المعدات الميكانيكية والكهربية، لتحويل ضوء الشمس إلى مصادر أخرى مفيدة للطاقة، في حين تتضمن التقنيات التي تعتمد على استغلال الطاقة الشمسية السلبية توجيه أحد المباني ناحية الشمس واختيار المواد ذات الكتلة الحرارية المناسبة أو خصائص تشتيت الأشعة الضوئية، وتصميم المساحات التي تعمل على تدوير الهواء بصورة طبيعية[3].

والطاقة التي تولدها الشمس عليها أن تجتاز 150 مليون كيلو متر مربع للوصول إلى سطح الأرض، وأن الناس لا تحس بقوتها الكاملة أن جو الأرض الأعلى يحجب معظم قدرة الشمس الحرارية، ومع ذلك فإن كمية الأشعة الشمسية التي تصل إلى سطح الأرض أكثر بعشرة آلاف مرة من كمية الطاقة المستعملة من قبل العالم[4].

---

[1] - محمد فوزي أبو السعود وآخرون، مرجع سابق، ص196.
[2] - سمير سعدون مصطفى وآخرون، مرجع سابق. ص، 136.
[3] - علي عبد الله العرادي، مرجع سابق، ص24.
[4] ـ سمير سعدون مصطفى، وآخرون، مرجع سابق. ص، 137.

وتتسم التقنية التي تعتمد على الطاقة الشمسية بشكل عام بأنها إما أن تكون سلبية أو إيجابية وفقًا للطريقة التي يتم استغلال وتحويل وتوزيع ضوء الشمس من خلالها، وتشمل تقنية الطاقة الشمسية الإيجابية استخدام اللوحات الفولتاضوئية والمضخات والمراوح في تحويل ضوء الشمس إلى مصادر أخرى مفيدة للطاقة، في حين تتضمن تقنية الطاقة الشمسية السلبية عمليات اختيار مواد ذات خصائص حرارية مناسبة وتصميم الأماكن التي تسمح بدوران الهواء بصورة طبيعية واختيار أماكن مناسبة للمباني بحيث تواجه الشمس، كما تتسم تقنيات الطاقة الشمسية الإيجابية بإنتاج كمية وفيرة من الطاقة، لذا فهي تعد من المصادر الثانوية لإنتاج الطاقة بكميات وفيرة، بينما تعتبر تقنيات الطاقة الشمسية السلبية وسيلة لتقليل الحاجة إلى المصادر البديلة، وبالتالي فهي تعتبر مصادر ثانوية لسد الحاجة إلى كميات زائدة من الطاقة[1]، ويستفاد من الطاقة الشمسية عبر التسخين المباشر في عمليات تسخين المياه والتدفئة والطهي، كما يمكن تحويلها مباشرة إلى طاقة كهربائية بواسطة الخلايا الشمسية الفولتاضوئية[2].

1-3- أهمية الطاقة الشمسية:

تكمن أهمية الطاقة الشمسية في كونها سلعة مجانية BIEN PUBLIC، أي أنه بإمكان أي إنسان الاستفادة منها دون دفع مقابل، وهي أيضا غير محدودة، كما تتميز بانتشارها الواسع ووصولها إلى المناطق النائية دون تجهيز، ولا تساهم بأي شكل من الأشكال في تلويث البيئة، وهذا ما يبرز العديد من المميزات الإيجابية التي تصاحب استغلال الطاقة الشمسية ومن أهمها:[3]

---

[1] - عبد الله العرادي، مرجع سابق، ص25.
[2] - مشروع الإنارة باستخدام الطاقة الشمسية، معهد الأبحاث التطبيقية، القدس (أريج)، فلسطين، ص3.
[3] – عبد علي الخفاف، ثعبان كاظم خضير، الطاقة وتلويث البيئة. دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة، ط1، عمان، الأردن، 2007، ص120.

1- عدم مساهمتها في تلويت البيئة، هذه المشكلة التي تواجه الإنسان المعاصر وتبدو كأنها خارج سيطرته وتهدد حياته وحضارته، والناجمة في معظمها من الاستغلال المفرط لمصادر الطاقة الملوثة للبيئة، كالنفط والفحم والغاز الطبيعي والطاقة النووية.

2- تعتبر مصدرا متجددا غير قابل للنضوب وبلا أي ثمن مما يسهل إمكانية إنشاء المشاريع المستدامة التي تعتمد في طاقتها على الطاقة الشمسية.

3- عدم خضوعها لسيطرة النظم السياسية والدولية أو المحلية التي تحد من مدى التوسع في استغلال أي كمية منها.

4- توفرها وانتشارها في جميع الأماكن تقريبا بحيث يمكن إقامة المشاريع في أي مكان قرب التجمعات السكانية أو المناطق الصناعية أو أي مكان آخر بما فيها المناطق المعزولة، وذلك لا يتطلب وسائل نقل أو توصيل.

5- لا يعتمد تحويل الطاقة الشمسية إلى أشكال الطاقة الأخرى على شدة الإشعاع الشمسي الوارد إلى سطح الأرض، إذ يمكن استخدام الطاقة الشمسية بغض النظر عن تركيزها، كما يمكن الاستفادة منها بصورة مباشرة من الشمس أو غير مباشرة بعد انعكاسها من سطوح أخرى.

6- لا يتطلب تحويل الطاقة الشمسية واستغلالها في إنتاج أشكال أخرى من الطاقة إلى تكنولوجيا معقدة، كما لا توجد خطورة على العاملين وغيرهم في عمليات إنتاج الطاقة من الشمس.

1-4- مستقبل الطاقة الشمسية

تشير التقديرات أنه بحلول عام 2020م سوف يحصل العالم الصناعي (الدول الرأسمالية الصناعية) على ما يعادل 105 مليون طن بترول من الطاقة الشمسية، كما تشير تقديرات مؤتمر

البترول العالمي الحادي عشر إلى أنه من المتوقع أن تصل نسبة الطاقة الشمسية حوالي 06% من إمدادات الطاقة في عام 2020م، وذلك بالمقارنة بلا شيء تقريبا في أواخر السبعينيات[1].

1-5- أهم مشاريع (محطات) الطاقة الشمسية عبر العالم:[2]

- محطة إيفانباه للطاقة الشمسية (أمريكا)

محطة إيفانباه للطاقة الشمسية هو أكبر مشروع في العالم في الوقت الحاضر لتوليد الطاقة الكهربائية من الطاقة الشمسية، ويقع في صحراء موهابي بالقرب من مدينة لاس فيغاس الأمريكية، وقد تم تشغيل جزء من المشروع في شهر يونيو 2013 ومن المفترض إكمال المشروع في نفس السنة بتكلفة 2.2 مليار دولار.

وعند اكتمال المشروع سينتج 392 ميغاوات، ويتكون من 3 أبراج يبلغ ارتفاع كل برج منها 150 متر ويحتوي على توربين بخاري، تسلط عليها أشعة الشمس المنعكسة على 347.000 مرآة، مما يؤدي لإنتاج البخار الذي يوجه إلى توربينات بخارية ومولدات كهربائية ستنتج طاقة تكفي 140 ألف منزل.

- محطة كوجارات سولار بارك Gujarat Solar Park (الهند)

أكبر محطة طاقة شمسية ضوئية هي كوجارات سولار، وتقع في الهند، تم تدشينها في 2012 وتنتج حالياً 856 ميغاوات، وعند اكتمالها ستنتج 968 ميغاوات.

وهناك بعض المحطات والبرامج في الشرق الأوسط شمال إفريقيا ومن بينها:[3]

- محطة طاقة كهربائية تعمل بالحرارة الشمسية في يزد (إيران)

---

[1] - محمد فوزي أبو السعود وآخرون، مرجع سابق، ص 197.
[2] - http://www.taqat.org/energy/1897 ، تاريخ الاطلاع: 2014/01/12
[3] - بيتر ميسين ليزلي هنتر، مرجع سابق، ص54.

تم إنجاز محطة طاقة كهربائية تعمل بالحرارة الشمسية في يزد في العام 2010، تتضمن هذه المحطة عدم انقطاع التيار في ساعات الذروة أو الأيام الغائمة أو بدايات المساء بمساعدة مسخن احتياطي يعمل على احتراق الغاز الطبيعي سيعمل على إكمال مصادر الطاقة، لكنه يقتصر على مساهمةٍ مقدارها 25% من إجمالي الطاقة الفعلية المستخدمة سنويا. كما أن إيران تطوّر استطاعة محطات الحرارة الشمسية، محطة باستطاعة 250 كيلوواط في شيراز اكتملت فيها الإنشاءات المدنية متضمنة تصميم المواقع والأبنية والملحقات ذات العلاقة، إضافة إلى شراء المعدات الميكانيكية

- محطة لتركيز الطاقة الشمسية في الكريمات (مصر)

ستطور مصر قريبا محطة لتركيز الطاقة الشمسية في الكريمات، ستخفض من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بمعدل 38 ألف طن سنويا.

- محطة طاقة شمسية أبو ظبي (الإمارات العربية المتحدة)

أنشأت في الإمارات العربية المتحدة، في أبو ظبي، استطاعتها 500 ميغاواط، يمكن أن تستخدم أيضا لتحلية المياه، بدأت عمليات الإنشاء في العام 2009.

وهناك برنامج للنظم الشمسية المنزلية في المغرب حيث: [1]

أطلق المغرب برنامجا للنظم الشمسية المنزلية لتزويد أكثر من 150 ألف أسرة في مواقع معزولة وبعيدة عن الشبكة بالكهرباء، تم إنشاء سوق لمشغلي النظم الفولتاضوئية وموزعيها ومركبيها ضمن هذا البرنامج، ويقدر أن يبلغ حجم هذه السوق أكثر من 80 مليون دولار.

1-6- دور مشاريع الطاقة الشمسية في خلق فرص العمل والفوائد الاقتصادية

إن مشاريع الطاقة الشمسية لها دور اقتصادي كبير خاصة في خلق فرص العمل ومن أهم فوائدها ما يلي:[2]

[1] - بيتر ميسين ليزلي هنتر، المرجع السابق، ص 52.
[2] - بيتر ميسين ليزلي هنتر، المرجع السابق. ص 49.

– إن تطوير التقنيات الشمسية نافع جدا للاقتصاد نظرا لما يتطلبه من وظائف عالية التخصص، وتتضمن هذه الوظائف مصنعي النظم، والمزودين، والمطورين والمخططين، ومشغلي النظم، وعمال الإنشاء والصيانة، والممولين، ووكلاء التأمين، وبائعي التجزئة.

– يولد الإنتاج طلبا على قوة العمل المحلية والخدمات المحلية. كذلك، مع الإنتاج التدريجي للخلايا الفولتا الضوئية، سيكون هنالك استمرارية في طلب فرص العمل المحلية خلال سنوات.

– تشير دراسة من الولايات المتحدة إلى أن برنامج الطاقة المتجددة سيضيف 15 ألف وظيفة عالية التخصص ويساهم بأكثر من 6 مليون ميغاواط ساعي من الكهرباء سنويا في المنطقة بحلول العام 2015 (ما يعادل استهلاك الكهرباء خلال ساعات الذروة سنويا في كل من بورتلاند ودينفر مجتمعتين).

– أما في ألمانيا، فقد تمّ خلق 150 ألف فرصة عمل. وبحلول العام 2020، يمكن أن يرتفع عدد فرص العمل المتوافرة إلى أكثر من 300 ألف فرصة عمل (استخداما كليا).

– من جانب آخر، سيكون لإنتاج التقنيات الشمسية فوائد اجتماعية اقتصادية جمة، وفقا لمنشأة الطاقة الشمسية المصرية التي صممها البنك الدولي، فإنه:

"من غير المتوقع حصول إعادة توطن وآثار اجتماعية ضارة. بخلاف ذلك، يمكن للمشروع أن يؤثر على الفقر إيجابيا بتوسيع القدرة الطاقية لمصر، من المهم زيادة هامش التخزين المنخفض الذي يعمل به النظام حاليا، سيضمن عامل التسهيل البيئي العالمي عدم تأثر الفقراء سلبيا، كما أنّ المشروع لن يؤثر على مستويات الضرائب الراهنة، فتحسين شروط العيش في المناطق الريفية قد يخفف أيضا ضغط الهجرة إلى المناطق الحضرية، محسنا مجمل التوازن الديمغرافي والاجتماعي والاقتصادي للبلد".

1-7- استهلاك الطاقة الشمسية

ويمكن استعراض تطور استهلاك الطاقة الشمسية على مستوى العالم من خلال الجدول التالي:

الجدول (5): تطور استهلاك الطاقة الشمسية

السنة	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014
(تيراواط/ساعة)	0,4	0,6	1	3,7	31,4	134,5	185,9
مليون طن مكافئ نفط	0,1	0,1	0,2	0,8	7,1	30,4	42,1

المصدر : إعداد الطالب، اعتمادا على:BP statistical review of world energy

2- طاقة الرياح:

2-1- مفهوم طاقة الرياح:

هي الطاقة المتولدة من تحريك مراوح عملاقة مثبتة على أعمدة بأماكن مرتفعة بفعل الهواء، ويتم إنتاج الطاقة الكهربائية من الرياح بواسطة المراوح والتي تشكل كمحركات (أو توربينات) وهنالك عدة أنواع وأشكال، وبشكل عام فهي ذات ثلاثة أذرع دوَّارة تحمل على عمود تعمل على تحويل الطاقة الحركية للرياح إلى طاقة كهربائية، فعند مرور الرياح على "شفرات" المراوح فإنها تتسبب في دورانها، وهذا الدوران يشغل التوربينات فتنتج طاقة كهربائية، وتعتمد كمية الطاقة المنتجة من توربين الرياح على سرعة الرياح وقطر الذراع؛ لذلك توضع التوربينات التي تستخدم لتشغيل المصانع أو للإنارة فوق أبراج، لأن سرعة الرياح تزداد مع الارتفاع عن سطح الأرض، ويتم وضع تلك التوربينات بأعداد كبيرة على مساحات واسعة من الأرض لإنتاج أكبر كمية من الكهرباء[1].

[1] - مجد جرعتلي، الموقع: www.green-studies.com ، مرجع سابق

واستخدم الأوروبيون أيضا قوة الرياح في النقل بواسطة الأشرعة، فللسفن الشراعية تاريخ طويل في البحر الأبيض المتوسط والصين، وخلال العصور الوسطى ازداد استخدامها تدريجيا مع إدخال تحسينات على صناعة السفن وعلى تقنيات الملاحة.[1]

وعرف الإنسان هذا المصدر سابقا واستخدمه كطاقة حركية مباشرة في تسيير السفن الشراعية، لكن الاستخدام المتقدم لهذا المصدر وبالذات في توليد الطاقة الكهربائية بدأ عام 1931م في الاتحاد السوفييتي السابق، حيث أنشأت محطة تجريبية فيه، ثم أقيمت محطة تجريبية أخرى في الولايات المتحدة الأمريكية عام 1941م[2].

رغم أن التاريخ يذكر أن الأمريكي Charles F. Brush هو من استطاع إنتاج الكهرباء من طاقة الرياح، وكان ذلك في شتاء عام 1887، كما استطاع العالم الاسكتلندي James Blyth أن يضيء لأول مرة منزلا بكهرباء مستمدة من الرياح وذلك في العام نفسه، وكان ذلك المنزل هو منزله الريفي في اسكتلندا[3]، وتعد طاقة الرياح إحدى صور الطاقة الشمسية غير المباشرة، فنتيجة لفروق التسخين للأرض بواسطة أشعة الشمس في القطبين وخط الاستواء من ناحية، واليابس والمحيطات من ناحية أخرى، ولدوران الأرض حول نفسها، كل ذلك يؤدي إلى حركة هواء وبالتالي حدوث ظاهرة الرياح، التي تنتج طاقة مجانية نظيفة ولا تنضب[4].

وفي القرن التاسع عشر وضع البريطاني فرانسيس بوفورت Francis Beaufort مقياسا لسرعة الرياح، أقامه على أساس قوة دفع الرياح لأشرعة السفن الشراعية المستعملة في ذلك الوقت، وقد عرف هذا المقياس باسم "مقياس بوفورت لسرعة الرياح" ومازال هذا المقياس مستعملا حتى اليوم (جدول)[5].

---

[1] - ريتشارد هاينبرغ، مرجع سابق، ص83.
[2] - نبيل جعفر عبد الرضا، مرجع سابق. ص 185.
[3] - منير علي الجنزوري، مرجع سابق، ص110.
[4] - علي أحمد هارون، جغرافيا المعادن ومصادر الطاقة، دار الفكر العربي، ط1، القاهرة مصر، 2007، ص399.
[5] - علي أحمد هارون، نفس المرجع، ص398.

الجدول (6): مقياس بوفورت لسرعة الرياح

رقم القياس	سرعة الرياح كم/ساعة	وصف الرياح	مظاهرها
صفر	صفر-1,5	هادئة	الدخان يتصاعد رأسيا
1	5-1,6	نسيم	تحرك الدخان
2	11-6	هواء خفيف	تحرك أوراق الشجر
3	19-12	نسيم خفيف	تحرك أوراق الشجر وبعض الأغصان
4	29-20	نسيم متوسط	تحرك الأغصان وتطاير الأوراق
5	39-30	نسيم منعش	تحرك سطح الماء وترنح الأشجار الصغيرة
6	50-40	نسيم قوي	تحرك الأغصان الكبيرة
7	61-51	رياح قوية	انثناء الأشجار وصعوبة المشي
8	74-62	رياح عاصفة	انكسار أطراف فروع الشجر
9	87-75	رياح عاصفة قوية	انكسار مداخل المنازل
10	101-88	رياح عاصفة شديدة	انخلاع الشجر
11	120-102	عاصفة كاملة	حدوث الدمار
12	أكثر من 120	إعصار	دمار شديد

المصدر: علي أحمد هارون، جغرافيا المعادن ومصادر الطاقة، دار الفكر العربي، ط1، القاهرة مصر، 2007، ص398.

وحسب بوفورت فإن سرعة الرياح التي تزيد عن 8 في هذا المقياس لا تصلح للاستخدام في إنتاج الطاقة لما تحدثه من دمار وتخريب، ولذلك يجب اختيار الأماكن التي تقام فيها التجهيزات التي تستخدم طاقة الرياح، بحيث تكون سرعة الرياح فيها مناسبة، وعلى أن تكون لها صفة الدوام على مدار السنة.

وربما استخدام هذا المقياس لا يكون في كل مكان وزمان، نظرا لاختلاف البيئات والمناخات الجغرافية، بالإضافة إلى تغير وتطور التجهيزات العمرانية ومدى مقاومتها للرياح والأعاصير.

وتعتبر طاقة الرياح مصدرا مهما للطاقة في الوقت الحاضر، علما أن طاقة الرياح هي طاقة شمسية غير مباشرة، كما أنها أيضا معروفة لقرون عديدة وخير مثال الطواحين الهوائية الشهيرة في كثير من بلدان العالم كانت تدار بالرياح ولا تزال ، وتمثل تلك الطواحين الهوائية مهارات تقنية مبكرة أو اختراع إبداعي بدا أنه سيفقد أثناء الثورة الصناعية، عندما استبدلت طاقة الرياح وطاقة المياه الجارية بطاقة الوقود الأحفوري كمصدر للطاقة واسع الاستعمال، وفي القرن 21 دعم قرار الرجوع والعودة إلى الاعتماد الكبير على طاقة الرياح في إدارة دواليب الطواحين الهوائية بصورة رئيسية.

وتعتبر طاقة الرياح مصدرا مهما للطاقة في الوقت الحاضر، علما أن طاقة الرياح هي طاقة شمسية غير مباشرة، كما أنها أيضا معروفة لقرون عديدة وخير مثال الطواحين الهوائية الشهيرة في كثير من بلدان العالم كانت تدار بالرياح ولا تزال[1]، وتمثل تلك الطواحين الهوائية مهارات تقنية مبكرة أو اختراع إبداعي بدا أنه سيفقد أثناء الثورة الصناعية، عندما استبدلت طاقة الرياح وطاقة المياه الجارية بطاقة الوقود الأحفوري كمصدر للطاقة واسع الاستعمال، وفي القرن 21 دعم قرار الرجوع والعودة إلى الاعتماد الكبير على طاقة الرياح في إدارة دواليب الطواحين الهوائية بصورة رئيسية[2].

وحسب تقديرات 2007 فإن طاقة الرياح توفر أكثر من 19% من الكهرباء المستخدمة في الدانمرك، وقد أنشئ هناك 5,200 توربين لتوظيف طاقة الرياح تنتج كهرباء بنحو 3100 ميغاوات، وفي اسبانيا والبرتغال تحقق طاقة الرياح نحو 10% مما تستهلكه كل منهما من الكهرباء، وفي ألمانيا وأيرلندا تبلغ النسبة 6%، وفي الولايات المتحدة أنشئ ما يعرف باسم الاتحاد الأمريكي لطاقة الرياح عام 2007، ومن الدول التي حققت تقدما في هذا المجال أيضا الهند والمكسيك وجنوب إفريقيا وكندا

[1] - نعيم محمد علي الأنصاري، التلوث البيئي (مخاطر عصرية واستجابة علمية). دار دجلة ناشرون وموزعون، ط1، عمان، الأردن، 2009، ص213.

[2] - سمير سعدون مصطفى، والآخرون. مرجع سابق. ص 229.

وإيطاليا والمملكة المتحدة، وفي كندا وألمانيا تقوم الحكومة بتخفيض الضرائب على صناعة توربينات الرياح[1].

وربما هذا ما يكون عاملا مشجعا لتطور واستغلال هذا المصدر من الطاقة الذي لا يخلف غازات أو آثار تضر بالبيئة، إذا ما استثنينا الضجيج الذي يسبب تلوثا سمعيا للمجمعات السكنية القريبة من أماكن عمل توربينات الرياح، لذا يجب الأخذ بعين الاعتبار أماكن التوطين الخاصة بتشغيل توربينات الرياح، أو ما يعرف باسم La mise En Place.

2-2- أهمية طاقة الرياح:

طبقا لتقرير الوضع العالمي للطاقة المتجددة الصادر في يوليو 2011 عن شبكة سياسات الطاقة المتجددة للقرن 21، فإن أنجح الطاقات المتجددة عقب طاقة المساقط المائية هي طاقة الرياح ويعزى ذلك إلى كونها حاليا الأكثر نضجا من الناحيتين الفنية والاقتصادية.

أما من الناحية البيئية، فإن أحد تقارير الوكالة الدولية للطاقة تحت عنوان "رؤى تكنولوجيات الطاقة" الصادر في 2010 يقدم مقارنة للتأثيرات البيئية المرتبطة بتكنولوجيات محطات إنتاج الكهرباء بالطرق المختلفة برؤيتين مختلفتين:

الأولى: بتحليل "دورة الحياة" والتي تشمل تأثيرات جميع الأنشطة السابقة واللاحقة لتشغيل تلك المحطات، ومنها مثلا عمليات تصنيع المكونات وعمليات التخلص من المخلفات وغيرها.

والثانية: بتحليل التأثيرات البيئية المرتبطة فقط بعملية إنتاج الكهرباء في حد ذاتها، إذ أن محطات طاقة الرياح هي الأقل في مستوى انبعاثات غاز "ثاني أكسيد الكربون" المسبب الرئيسي لظاهرة الاحتباس الحراري، بعد المحطات النووية، ثم المحطات الشمسية، ثم محطات الدورة المركبة العاملة بالغاز الطبيعي.

[1] - منير علي الجنزوري، مرجع سابق، ص108.

ولكن لا يفوتنا أن نذكر أن هناك أثر محطات الرياح السلبي على مساحات الأراضي، حيث أن طبيعة استغلال طاقة الرياح شغل مساحات واسعة من الأراضي[1].

2-3- أهم مشاريع طاقة الرياح عبر العالم:

من أهم مشاريع طاقة الرياح عبر العالم ما يلي:[2]

- مركز ألتا لطاقة الرياح Alta Wind Energy Center (أمريكا)

حتى العام 2012 كان مشروع Roscoe Wind Farm في ولاية تكساس يعتبر الأكبر في العالم بقوة 781 ميغاوات، ولكن تم توسيع مشروع ألتا سنتر في ولاية كاليفورنيا ليكون الأكبر في العالم، بتكاليف تجاوزت 1.2 مليار دولار وينتج 1350 ميغاوات، توربينات المشروع من إنتاج شركة Vestas الدانمركية ويتجاوز عددها 490 توربين، والمشروع يخضع للتوسعة باستمرار.

- مصفوفة لندن London Array (بريطانيا)

أكبر مزرعة رياح بحرية في العالم هي مصفوفة لندن وتقع قبالة الساحل البريطاني في مصب نهر التايمز، بدأ تشغيل المشروع في 2012 وتم الافتتاح في يوليو 2013 ، بتكلفة 2.3 مليار دولار، وينتج المشروع 630 ميغاوات تكفي لحوالي 500 ألف منزل. يتكون المشروع من 175 توربين من نوع SWT-3.6 من إنتاج شركة Siemens الألمانية.

2-4- تطور استهلاك طاقة الرياح

ويمكن استعراض تطور استهلاك طاقة الرياح على مستوى العالم من خلال الجدول التالي:

[1] - ماجد كرم الدين محمود، رياح التغيير في أنظمة الطاقة العالمية والعربية "الكهرباء من الرياح، المركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة. ص10.

[2] - www.taqat.org/energy/1897 ، مرجع سابق.

الجدول (7): تطور استهلاك طاقة الرياح

السنة	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014
(تيراواط/ساعة)	3,6	8,3	29,5	104,3	343,4	640,7	706,2
مليون طن مكافئ نفط	0,8	1,9	6,7	23,6	77,7	145	159,8

المصدر : إعداد الطالب، اعتمادا على:BP statistical review of world energy

3- الطاقة المائية:

3-1- مفهوم الطاقة المائية:

الطاقة المائية هي طاقة مستمدة من قوة الماء، وفي أكثر الأحيان حركته، ومصادر الطاقة التي تستعمل الماء متواجدة ولآلاف السنين على شكل نواعير مائية، لكن الإبداع الأكثر حداثة هو الكهرباء المائية، أو الكهرباء التي تنتج عن طريق جريان الماء من السدود[1].

ويعتبر الماء موردا هاما لإنتاج الطاقة الكهربائية الرخيصة، والمساقط المائية ما هي إلا نتيجة لطبيعة التضاريس والتركيب الجيولوجي لسطح الأرض التي يمكن اعتبارها موردا طبيعيا ثابتا، وهذا ما يعطيها ميزة الديمومة والتجدد[2].

إن تاريخ الطاقة المائية تقريبا قديم كتاريخ الحضارة الإنسانية نفسها، مما جعلها الشكل الأول للطاقة البديلة التي استخدمها الإنسان، فقد استعملي الحضارة المصرية والعراقية القديمة الساعات المائية والنواعير والتي لا زالت تستعمل للوقت الحاضر على ضفاف نهر الفرات لرفع المياه لاستخدامها في الأغراض الزراعية، كما استعملت الدواليب المائية الدوارة في اليونان القديمة لعصر العنب وطحن الحبوب، كما استعملها الصينيون لتشغيل المنفاخ المستعمل في عملية صب الأدوات

[1] - سمير سعدون مصطفى، والآخرون. مرجع سابق. ص 195.
[2] - عبد العالي خفاف، ثعبان كاظم خضير. مرجع سابق. ص 79.

الحديدية كأدوات الزراعة، كما بنى الرومان تراكيب حمل الماء المسماة القنوات، حيث يمكن أن تسخر طاقة الماء بالنواعير، وقد بنوا طاحونة حبوب هائلة تم تشغيلها بواسطة النواعير[1].

ولا شك أن استغلال هذه النواعير والطواحين كان قصير جدا من الناحية الزمنية، لاعتماده على فترات جريان المياه في الأنهار والوديان، كما يقتصر استغلالها فقط على المناطق المتواجد فيه تلك الأنهار والوديان، وتكون ذات أهمية كبيرة في المناطق الدائمة الجريان.

أما الطاقة التي تعتمد على الأمواج البحرية تعتبر مصدر مهم من مصادر المائية التي يمكن الحصول عليها عند شواطئ البحار والمحيطات، حيث تتشكل الأمواج بسبب تأثير احتكاك الرياح على مياه البحر لتتكون سلسلة من حركات دورانية تدحرجية للمياه تبدأ من تحت سطح المياه ثم تظهر بشكل أمواج ذات طاقة هي في الواقع طاقة الرياح الكامنة في تلك الأمواج، ففي بريطانيا وبالذات في شمال غرب اسكتلندا تتشكل أمواج بحرية على بعد 150 كيلو متر عن الشواطئ يمكن أن تولد كهرباء بمعدل 50 كيلو وات لكل متر من الجهة الأمامية للأمواج وهي نسبة تعتبر جيدة كمصدر للطاقة المتجددة[2].

وهناك طاقة المد والجزر أو الطاقة القمرية هي نوع من طاقة الحركة التي تكون مخزونة في التيارات الناتجة عن المد والجزر الناتجة بطبيعة الحال عن جاذبية القمر والشمس ودوران الأرض حول محورها وعليه تصنف هذه الطاقة على أنها طاقة متجددة. الكثير من الدول الساحلية بدأت الاستفادة من هذه الطاقة الحركية لتوليد الطاقة الكهربائية.[3]

للإشارة فإن هذا المصدر المتجدد للطاقة ليست في متناول جميع الدول، إذ هناك دول ليست لها بحار أو محيطات.

---

[1] - سمير سعدون مصطفى، والآخرون. مرجع سابق. ص 195.
[2] - نعيم محمد عي الأنصاري، مرجع سابق. ص 215.
[3] - عبد الله العرادي، مرجع سابق، ص9.

3-2- طرق وأساليب الطاقة المائية:

تأتي الطاقة من المياه من عدة طرق وأساليب مختلفة وفيما يلي نذكر بعضها[1]:

- الطاقة المتولدة من تدفق المياه أو سقوطها في حالة الشلالات (مساقط المياه) كما هو الحال في السدود.

- طاقة الأمواج في البحار، حيث تنشأ الأمواج نتيجة لحركة الرياح وفعلها على مياه البحار والمحيطات والبحيرات، ومن حركة الأمواج هذه تنشأ طاقة يمكن استغلالها، وتحويلها إلى طاقة كهربائية، حيث تنتج الأمواج في الأحوال العادية طاقة تقدر ما بين "10 إلى 100" كيلووات لكل متر من الشاطئ.

- الطاقة المتولدة من حركات المد والجزر في المياه .

- الطاقة المتولدة من الفوارق الحرارية لطبقات المياه " من الفارق في درجات الحرارة بين الطبقتين العليا والسفلى من المياه التي يمكن أن يصل إلى فرق 10 درجات مئوية.

3-3- مميزات الطاقة المائية:

للطاقة المائية مجموعة من المميزات والخصائص والتي تجعل منها واحدة من أهم مصادر الطاقات البديلة والمتجددة، ويمكن تلخيص أهما فما يأتي[2]:

- مصدر متجدد للطاقة لا ينضب بالاستخدام.

- طاقة غير ملوثة للبيئة لكون عملية توليدها واستخدامها لا تتضمن أي من العمليات الملوثة كالاحتراق والعمليات الفيزيائية والكيماوية التي تنبعث منها مركبات سامة تلوث البيئة.

- من بين المميزات الأخرى للطاقة المائية هو سهولة توليد الطاقة الكهربائية منها، والتي تعتبر في الوقت الحاضر الشريان الحيوي الذي يغذي معظم نواحي حياة الإنسان.

---

[1] - **مجد جرعتلي**، الموقع: www.green-studies.com ، مرجع سابق.
[2] - عبد علي خفاف، ثعبان كاظم خضير، مرجع سابق. ص 79،80.

- إن الطاقة المائية تعتمد على مقدار الطاقة **الكامنة**[1] في المياه الواقعة في المرتفعات.

3-4- أهم مشاريع الطاقة المائية في العالم

من أهم مشاريع الطاقة المائية في العالم ما يلي:[2]

- سد المضائق الثلاث (الصين):

هو أكبر سد هيدرومائي في العالم، وقد بني على نهر اليانغتسي في الصين، ثالث أطول نهر في العالم. ويعد السد واحد من أكبر المشاريع الهندسية، يبلغ طول جدار السد 2.3 كيلومتر ويرتفع عن قعر النهر 183 متر، وتم افتتاح السد في عام 2008 بتكلفة 26 مليار دولار، وينتج 22500 ميغاواط من الطاقة الكهربائية.

- محطة سيهوا ليك (كوريا الجنوبية):

بعد أن كانت محطة رانس في فرنسا الأكبر في العالم لأكثر من 45 سنة بقوة 240 ميغاوات، ولكن تم في عام 2011 افتتاح المحطة الأكبر في كوريا الجنوبية بقوة 254 ميغاوات تكفي لـ500 ألف منزل، بتكلفة قاربت 300 مليون دولار.

وهناك بعض المشاريع الأخرى مثل:[3]

- محطة Rance بفرنسا:

والتي بنيت عام 1966 وتعمل بقوة 240 ميجاوات، بُني هذا السد للتحكم في التيارات الناتجة عن المد والجزر وتوجيه هذه التيارات بطريقة تمر في فتحات التوربينات أو المراوح.

---

[1] - **الطاقة المائية تعتمد أساسا على كميات التساقط من الأمطار والثلوج على سطح الأرض، وتتجمع هذه المياه مكونة سيولا مائية تنحدر من المرتفعات نحو المنخفضات حتى تصل في نهاية المطاف إلى البحر، أو إلى الجو ثانية، أو تتغلغل داخل التربة، بعد أن تفقد معظم أو كل طاقتها وسرعتها تصبح مياه راكدة، ثم تتعرض هذه المياه إلى الظروف التي تؤدي إلى تبخرها كأشعة الشمس والحرارة وحركة الهواء وغير ذلك من العوامل التي تساعد على تبخر المياه، وتصعد ثانية إلى الغلاف الجوي مكونة الغيوم التي تسقط مياهها ثانية على شكل أمطار أو ثلوج لتعيد دورتها مرة أخرى واكتسابها الطاقة الكامنة.**

[2] - http://www.taqat.org/energy/1897 ، مرجع سابق.

[3] - عبد الله العرادي، مرجع سابق، ص10.

- محطة بكندا

أنشأت عام 1984 عند منطقة نوفاسكوتيا بقوة كهربائية قدرها20 ميجاوات،كما بنت الصين عام 1986 في ولاية كسينجيانج محطة بقوة 10 ميجاوات.

4- الطاقة الجوفية لحرارة باطن الأرض

4-1- مفهومها:

هي مصدر طاقة بديل نظيف ومتجدد، وهي طاقة حرارية مرتفعة ذات منشأ طبيعي مختزنة في الصهارة في باطن الأرض، حيث يقدر أن أكثر من 99% من كتلة الكرة الأرضية عبارة عن صخور تتجاوز حرارتها 1000 درجة مئوية، وترتفع درجة الحرارة بزيادة تعمقنا في جوف الأرض بمعدل نحو 7و2 درجة مئوية لكل100 متر في العمق، أي أنها تصل إلى معدل 27 درجة مئوية على عمق 1 كيلومتر أو 55 على عمق2 كيلومتر وهكذا .ويستفاد من هذه الطاقة الحرارية بشكل أساسي في توليد الكهرباء، ويتطلب ذلك حفر أنابيب كثيرة إلى أعماق سحيقة قد تصل إلى نحو 5 كيلومترات، وفي بعض الأحيان تستخدم المياه الساخنة للتدفئة عندما تكون الحرارة قريبة من سطح الأرض، ونجدها على عمق 150 متر أو أحيانا في مناطق معينة على صورة ينابيع حارة تصل إلى سطح الأرض[1]، وتعتبر الطاقة الحرارية الأرضية من مصادر الطاقة المتجددة التي استخدمت منذ فترة طويلة من خلال استغلال مياه الينابيع الحارة، حيث يرجع تاريخ استعمالها إلى أكثر من 100 ألف سنة عندما استخدم الهنود الحمر الينابيع الساخنة لطهي طعامهم[2].

حيث يُستفاد من ارتفاع درجة الحرارة في جوف الأرض باستخراج هذه الطاقة وتحويلها إلى أشكال أخرى، من المياه الجوفية الحارة و الينابيع الحارة حيث يتم استغلال هذه الحرارة المرتفعة للمياه و

[1] - عبد الله العرادي، المرجع السابق، ص58.
[2] - عبد الله العرادي، المرجع السابق، ص59.

المنطلقة من الأرض في توليد الكهرباء[1]، وفي بعض المناطق تكون هذه الطاقة الجوفية قريبة من سطح الأرض فتوجد بالتالي الينابيع الحارة[2].

هذه الطاقة المتجددة، نظريا، يمكن أن تكفي لتغطية حاجة العالم من الطاقة لمدة 100000 سنة قادمة إلا أن تحويلها إلى طاقة كهربائية هي عملية باهظة التكاليف بسبب عمليات الحفر إلى أعماق سحيقة والحاجة إلى أنابيب كثيرة لاستخراج الماء الساخن بكميات وفيرة، وذلك رغم أن الطاقة الأساسية(المادة الأولية)مجانية وهي متوفرة بكثرة لكن صعب الحصول عليها[3].

وتقسم مصادر الطاقة الحرارية الأرضية إلى قسمين:[4]

- المياه الحارة الجوفية

- والصخور الحارة التي توجد في المناطق النشطة بركانيا أو في الأعماق البعيدة تحت سطح الأرض.

ويمكن الاستفادة من المياه الجوفية الحارة والصخور الحارة في توليد الطاقة الكهربائية وتسخين المياه التي تستخدم في التدفئة، بالإضافة إلى استعمالها في الكثير من ميادين الصناعة والزراعة الأخرى.

4-2- إيجابيات الطاقة الجوفية

للطاقة الجوفية مجموعة من الإيجابيات أهمها:[5]

- كونها طاقة متجددة، فهي من مصادر الطاقة التي لا تنفد على الأقل للأجيال القادمة.

- كونها طاقة نظيفة غير مضرة بالبيئة، ولا تسبب أي تلوث سواء في استخراجها أو في تحويلها أو استعمالها.

---

[1] - **مجد جرعتلي**، الموقع: www.green-studies.com ، مرجع سابق.
[2] - مشروع الإنارة باستخدام الطاقة الشمسية، معهد الأبحاث التطبيقية، مرجع سابق، ص3.
[3] - عبد الله العرادي، مرجع سابق، ص59.
[4] - عبد الله العرادي، نفس المرجع، ص59.
[5] - عبد الله العرادي، نفس المرجع السابق، ص64.

– توفرها بكميات كبيرة جدا وفي مساحات شاسعة ولأغلب بلدان العالم.

– قلة تكاليف إنتاج الطاقة بعد التكاليف الأولية لإنتاج المحطة(والتي يمكن أن تكون باهظة.)

– المردود العالي للطاقة المستخرجة.

4-3- تأثيرات الطاقة الجوفية على البيئة

إن الطاقة الجوفية رغم أنها طاقة متجددة إلا أن استغلالها واستخدامها لا يخلو من من بعض التأثيرات على البيئة أهمها:[1]

تحتوي السوائل المستخرجة من باطن الأرض على مخلوط غازات، منها ثاني أكسيد الكربون وسلفيد الكبريت، والميثان والأمونيا، وتشارك تلك الغازات في مشكلة الانحباس الحراري والمطر الحمضي، وتبلغ مقدار ما ينطلق من محطات الحرارة الأرضية من غاز ثاني أكسيد الكربون نحو 122كيلوجرام لكل 1 ميجاوات ساعي من الكهرباء، وهي نسبة صغيرة بالمقارنة بما تنتجه محطات الوقود الأحفوري.

لهذا تزود محطات القوى التي تتسم بكميات كبيرة من تلك الغازات التي تسبب المطر الحمضي بوحدات لضبط وفصل تلك الغازات لخفض تأثيراتها السلبية على البيئة.

وبالإضافة إلى الغازات الذائبة فقد يحتوي الماء الساخن المستخرج من أعماق الأرض على أملاح ذائبة ومواد سامة مثل الزئبق والزرنيخ والبور والأنتيموني.

وتترسب تلك الكيماويات عند تبريد الماء وقد تتسبب في أضرار بالبيئة إذا أطلقت على الأرض، وتعمل سياسة إعادة استخدام الماء الساخن المستخرج وضخه إلى أعماق الأرض ثانيا من العوامل التي تقلل من التأثير السيئ على البيئة عند استغلال تلك الطاقة.

[1] - عبد الله العرادي، المرجع السابق، ص65.

4-4- أهم مشاريع الطاقة الجوفية لحرارة باطن الأرض في العالم

من أهم مشاريع الطاقة الجوفية لحرارة باطن الأرض في العالم ما يلي:[1]

- مشروع محطة جيسرس The Geysers (أمريكا)

أكبر مشاريع الطاقة الحرارية الأرضية هي مشروع جيسرس في ولاية كاليفورنيا الأمريكية بقوة 1517 ميغاوات ويتكون من 22 محطة، وبدأ العمل في عام 1921.

- محطة Krafla كرافلا في شمال أيسلندا لإنتاج الطاقة من الحرارة الأرضية.

5- طاقة الكتلة الحيوية

5-1- مفهوم طاقة الكتلة الحيوية (الوقود الحيوي)

وهي الطاقة التي تستمد من المواد العضوية من النباتات أو مخلفات الحيوانات أو النفايات أو المخلفات الزراعية، والنباتات المستخدمة في إنتاج طاقة الكتلة الحيوية يمكن أن تكون أشجارا سريعة النمو، أو حبوبا، أو زيوتا نباتية، أو مخلفات زراعية، وهناك أساليب مختلفة لإنتاج أنواع الوقود الحيوي، منها (الحرق المباشر أو غير المباشر أو طرق التخمر أو التقطير ...)، ويعطي كل أسلوب من الأساليب السابقة منتجاته الخاصة به مثل "غاز الميثان والكحول والبخار والأسمدة الكيماوية" ويعد "غاز الإيثانول" واحدا من أفضل أنواع الوقود المستخلصة من الكتلة الحيوية وهو يستخرج بشكل رئيسي من بعض المحاصيل الزراعية[2]، ويتم تخمير تلك المخلفات الحيوانية والزراعية في حفر خاصة ليتصاعد منها غاز الميثان، وهو غاز قابل للاشتعال[3].

---

[1] - http://www.taqat.org/energy/1897 ، مرجع سابق.
[2] - **مجد جرعتلي**، الموقع: www.green-studies.com ، مرجع سابق.
[3] - مشروع الإنارة باستخدام الطاقة الشمسية، معهد الأبحاث التطبيقية، مرجع سابق، ص3.

ودخل الوقود الحيوي في صورة وقود سائل منتج من مواد نباتية إلى الأسواق، نتيجة لارتفاع أسعار النفط، إضافة إلى الحاجة لتأمين أمن الطاقة، ومع ذلك، تعرضت تقنية الوقود الحيوي لانتقادات بسبب آثارها الضارة على البيئة الطبيعية، والأمن الغذائي وكربونية التربة[1].

وتحتوي الكتلة الحيوية على الطاقة المخزنة من الشمس، حيث تمتص النباتات طاقة الشمس في عملية تسمى التمثيل الضوئي، تمرر الطاقة الكيميائية في النباتات إلى الحيوانات والناس التي تأكل منها، والكتلة الحيوية هي مصدر للطاقة المتجددة لأننا يمكن أن ننمي دائما المزيد من الأشجار والمحاصيل، وستبقى النفايات دائما، بعض الأمثلة من وقود الكتلة الحيوية هي الخشب والمحاصيل، والسماد، والقمامة، عندما تحرق[2].

ويفتح الوقود الحيوي آفاقا جديدة في زيادة المنافسة ضمن أسواق النفط والاعتدال في أسعار النفط، إضافة إلى تأمين إمدادات صحية من مصادر الطاقة البديلة، والتي ستساعد في مكافحة ارتفاع أسعار البنزين وتقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري، وخاصة في قطاع النقل، واستخدام وقود أكثر كفاءة في وسائل النقل والذي يعتبر جزء لا يتجزأ من إستراتيجية النقل المستدام[3].

ومن خلال الكتلة الحيوية يمكن إنتاج الوقود، الديازيل الحيوي والإيثانول، ويعد هذا الأخير من أفضل أنواع الوقود المستخدمة من الكتلة الحيوية، وعلى الرغم من التطورات الحاصلة في مجالات استعمال الطاقة، لا يزال هذا النوع مصدرا وحيدا للطاقة لأكثر من 02 بليون نسمة يعيش معظمهم في جنوب أسيا وفي أوساط إفريقيا، كما أنها تشكل حوالي 10% من المصادر الأولية للطاقة العالمية،

[1] - عبد الله العرادي، مرجع سابق، ص66.
[2] - http://energy4poor.blogspot.com/p/blog-page_21.html، تاريخ الاطلاع: 2014/01/25.
[3] - عبد الله العرادي، مرجع سابق، ص67.

علما أنه من الصعب جدا تقدير كميات الكتلة الحية عالميا، وهذه الأرقام هي الأرقام العالمية التقديرية فقط[1].

5-2- النباتات المستخدمة للوقود الحيوي المستدام

- قصب السكر في البرازيل

تستخدم البرازيل قصب السكر لإنتاج وقود الإيثانول كوقود حيوي، ويعود تاريخ ذلك إلى سنة 1970، وتعتبر البرازيل رائدة في مجال صناعة الطاقة الحيوية والاقتصاد الأول في العالم في إنتاج الطاقة الحيوية .وقد صنفت الوكالة الأمريكية لحماية البيئة الوقود المنتج من قصب السكر، البرازيلي بأنه وقود حيوي متطور وذلك في سنة 2010، ووفقًا لهذه الوكالة فإن هذا الوقود خفف من دورة حياة الغازات الدفيئة بنسبة61%، وهذه النسبة تتضمن الآثار المباشرة والغير مباشرة لاستخدام الأراضي في إنتاج الوقود الحيوي[2]، يرتكز نجاح واستدامة إنتاج وقود الإيثانول الحيوي البرازيلي عن طريق قصب السكر على استخدام أكثر الوسائل كفاءة في تقنيات زراعة قصب السكر في العالم، حيث يتم استخدام معدات متطورة وقصب سكر رخيص كمادة أولية، كما تستخدم بقايا قصب السكر لإنتاج الحرارة والطاقة، مما ينتج عنه وقود ذو سعر تنافسي[3].

- الجاتروفا

يوجد هذا النوع من النباتات في عدة أماكن منها:[4]

في الهند وأفريقيا: يمكن استخدام زراعة محاصيل مثل الجاتروفا لإنتاج الديزل الحيوي، وتزدهر هذه المحاصيل على الأراضي الزراعية الهامشية، حيث لا تنمو العديد من المحاصيل الزراعية، أو قد تكون ذات إنتاجية متدنية، توفر زراعة الجاتروفا فوائد للمجتمعات المحلية فهي تتطلب أيدي عاملة كثيفة

[1] - فروحات حدة، الطاقة المتجددة كمدخل لتحقيق التنمية المستدامة في الجزائر، دراسة لواقع مشروع تطبيق الطاقة الشمسية في الجنوب الكبير بالجزائر. مجلة الباحث، العدد 11، 2012، جامعة قاصدي مرباح، ورقلة، الجزائر، ص150.
[2] - عبد الله العرادي، مرجع سابق، ص68.
[3] - http://ar.wikipedia.org/wiki/. تاريخ الاطلاع: 2014/01/25.
[4] - عبد الله العرادي، مرجع سابق، ص71.

لالتقاط الثمار، وتتطلب حوالي شخص واحد لكل هكتار، مما يوفر فرص عمل في أجزاء من المناطق الريفية في الهند وأفريقيا، حيث توفر حوالي 200000 فرصة عمل في أنحاء العالم من خلال الجاتروفا، وعلاوة على ذلك، غالبا ما تجد القرويون يزرعون المحاصيل الأخرى في ظلال هذه الأشجار، إضافة إلى تجنب مجتمعاتهم استيراد الديزل المكلف ووجود فائض للتصدير.

في كمبوديا: لا يوجد في كمبوديا احتياطيات مؤكدة من الوقود الأحفوري، وتكاد تعتمد اعتمادا كليا على استيراد وقود الديزل لإنتاج الكهرباء، ولذلك تواجه كمبوديا إمدادات غير مستقرة للطاقة، كما أن تكلفة الطاقة الكهربائية في كمبوديا هي الأعلى في العالم، وقد تعيق هذه الآثار التنمية الاقتصادية في ذاك البلد.

قد يوفر الوقود الحيوي بديلا مناسب عن وقود الديزل، الذي يمكن تصنيعه محليا بسعر منخفض، بغض النظر عن أسعار النفط الدولية، كما أن الإنتاج المحلي واستخدام الوقود الحيوي قد يوفر فوائد أخرى مثل تحسين أمن الطاقة، وفرص التنمية الريفية والفوائد البيئية، وتعد أنواع الجاتروفا بربادوس مصدر ملائم بصفة خاصة لإنتاج الوقود الحيوي،كما أنها تنمو بشكل طبيعي في كمبوديا، لذلك فإن عمليات الإنتاج المحلي للوقود الحيوي المستدام تتم على أساس الجاتروفا أو مصادر أخرى، وسيقدم فوائد محتملة جيدة للمستثمرين والاقتصاد والمجتمعات الريفية والبيئة.

الجاتروفا في المكسيك: الجاتروفا هي من نباتات المكسيك وأميركا الوسطى أصلاً، ومن المرجح أنها نقلت إلى الهند وأفريقيا في حوالي سنة 1500 بواسطة البحارة البرتغاليين بسبب اقتناعهم بأن لها استخدامات طبية. في سنة 2008، ومع الإقرار بالحاجة إلى تنويع مصادر الطاقة والتقليل من الانبعاثات الحرارية، تم تمرير قانون في المكسيك لدفع تطوير الوقود الحيوي بما لا يهدد الأمن الغذائي، وحددت وزارة الزراعة نحو 2600000 هكتار من الأراضي ذات قدرة عالية على إنتاج

الجاتروفا، فمثلاً شبه جزيرة يوكاتان، بالإضافة إلى كونها منطقة منتجة للذرة فإنها تحتوي على مزارع السيزال المهجورة، فإن زراعة الجاتروفا لإنتاج وقود الديزل الحيوي لن تحل محل إنتاج المواد الغذائية.

- البونغاميا الريشية في أستراليا والهند[1]:

تعتبر البونغاميا الريشية من البقوليات وتتواجد في أستراليا والهند وولاية فلوريدا الأمريكية ومعظم المناطق المدارية، ويجري استثمارها في شمال أستراليا كبديل للجاتروفا، حيث تعتبر الجاتروفا عشب سام، ويجري تسويق هذه النبتة من قبل شركة طاقة الباسفيك المتجددة كمصدر لإنتاج الديزل الحيوي، حيث يجري استبدال محركات الديزل التقليدية بمحركات عاملة على الديزل الحيوي من الجيل الأول أو الثاني، كما يوجد العديد من المزارع في الهند ومزارع جديدة في أستراليا في مناطق متنوعة.

- السورغم الحلو في الهند

يتغلب السورغم الحلو على العديد من أوجه القصور في محاصيل الوقود الحيوي الأخرى، فتستخدم فقط سيقانه لإنتاج الوقود الحيوي، بينما يتم حفظ بذوره لتغذية الماشية أو الغذاء .وبالتالي لا يؤدي إلى ارتفاع الطلب في السوق العالمية على المواد الغذائية، وبالتالي لا يوجد له تأثير يذكر على أسعار المواد الغذائية والأمن الغذائي، ويزرع السورغم الرفيع الحلو في الأراضي الجافة والتي لها قدرة قليلة على الحفاظ على الكربون (المواد العضوية)، لذلك لا يتم أخذ الاعتبارات الناجمة عن المخاوف من إزالة الغابات المطيرة، والسورغم الحلو أسهل وأرخص محاصيل الوقود الحيوي الأخرى في الهند ولا يتطلب عمليات ري، وهو عامل مهم في المناطق الجافة، تزرع الآن بعض أصناف السورغم الحلو الرفيع الهندية في أوغندا لإنتاج الإيثانول[2].

[1] - عبد الله العرادي، المرجع السابق، ص72.
[2] - عبد الله العرادي، نفس المرجع السابق، ص72.

- الطحالب في أمريكا وأوروبا

تجري حال ا العديد من البحوث في مجال إنتاج الديزل الحيوي من الطحالب بكفاءة في القطاع الخاص، وتشير التوقعات من خلال التجارب الصغيرة للإنتاج، إلى أن استخدام الطحالب لإنتاج وقود الديزل الحيوي قد يكون الأسلوب الوحيد القابل للتطبيق الذي يمكن من خلالها إنتاج وقود للسيارات بما فيه الكفاية ليحل محل الديزل.

وقد ذكر باحثين من هولندا، بأن إنتاج الوقود العضوي من الطحالب يمكن أن يصبح حقيقة في فترة تتراوح ما بين 10 إلى 15 سنة والذي قد يحل محل الوقود العضوي في المستقبل كما أن جامعات في بريطانيا مثل جامعة كامبردج وجامعة غلاسغو وجامعة نيوكاسل وغيرها تقوم بإجراء العديد من البحوث على تطوير إنتاج الوقود الحيوي .كما تخطط أوكرانيا لعملية إنتاج الوقود الحيوي باستخدام نوع خاص من الطحالب.

أما في الولايات المتحدة فكان برنامج الأنواع المائية، الذي بدأ في عام 1978 ، وهو برنامج بحوث ممول من قبل وزارة الطاقة الأمريكية ومكلف بالتحقق من إمكانية استخدام الطحالب لإنتاج الطاقة .وركز البرنامج في البداية الجهود على إنتاج الهيدروجين، لكن سرعان ما تحولت البحوث في سنة 1982 إلى بحوث حول إنتاج النفط .وقد كان تركيز البرنامج على إنتاج الوقود الحيوي باستخدام الطحالب، لكن البرنامج توقف سنة 1995 في إطار تخفيض النفقات .وقد قامت العديد من الجامعات الأمريكية بمتابعة البحوث حول إنتاج الوقود الحيوي من الطحالب ومحاولة الاستفادة من مياه الصرف الصحي لإنتاج الطحالب[1].

[1] - عبد الله العرادي، المرجع السابق، ص73.

5-3- أهم الدول المنتجة للوقود الحيوي

الوقود الحيوي الذي يعتبر وقودا سائلا مصنوعا من كل شيء من الطحالب حتى الذرة لم يحن له الوقت بعد كي يحل محل النفط الخام، ولكن يتم إنتاجه بكميات كبيرة وعلى نحو متزايد في جميع أنحاء العالم، وفي عام 2010، أنتج العالم 59,261,000 طن من المكافئ النفطي في الوقود الحيوي، أي بزيادة قدرها 13.8% مقارنة بعام 2009، وفقا لمراجعة BP الإحصائية للطاقة في العالم لعام 2011، وقد أنتج في الولايات المتحدة أقل قليلاً من 43% من إجمالي 25,351,000 طن من المكافئ النفطي، حيث أن معظم الوقود الحيوي هو الإيثانول المصنوع من الذرة، (في عام 2011، وللمرة الأولى، تم تحويل كمية أكثر من الذرة المزروعة في الولايات المتحدة لوقود بدلا من استخدامها كغذاء، وعلى النقيض من ذلك، فإن أوروبا وآسيا تنتج كمية أكبر من وقود الديزل الحيوي من مجموعة متنوعة من المصادر، بما في ذلك المحاصيل مثل بذر اللفت)[1]. والجدول التالي يبين أعلى 10 دول منتجة للوقود الحيوي في العالم في عام 2010 هي:

[1] - http://www.taqat.org/energy/2011 ، تاريخ الاطلاع: 2014/01/12.

الجدول (8):أعلى 10 دول منتجة للوقود الحيوي في العالم (2010)

الدولة	الإنتاج (طن من المكافئ النفطي)
الولايات المتحدة الأمريكية	25351000
البرازيل	15573000
ألمانيا	2930000
فرنسا	2312000
الأرجنتين	1687000
الصين	1399000
اسبانيا	1179000
كندا	996000
إيطاليا	670000
تايلاند	647000

المصدر: من إعداد الطالب، اعتمادا على: http://www.taqat.org/energy/2011 ، تاريخ الاطلاع: 2014/01/12.

وقامت حكومات أكثر من 35 دولة، بما فيها الولايات المتحدة والبرازيل وأعضاء الاتحاد الأوروبي بوضع سياسات تشجِع إنتاج الوقود الحيوي واستخدامه، هذا التوجه مدفوع بفعل الرغبة في تقليل الاعتماد على واردات الوقود الأحفوري وتخفيض البصمة البيئية المناخية لاقتصاديات هذه الدول، لكن يظل مدى استفادة المناخ من استبدال الوقود الأحفوري بالوقود الحيوي موضع خلاف بالغ، بسبب عدم توافر أدلة تبين أن الوقود الحيوي بالفعل مرتبط بانبعاثات أقل من غازات الاحتباس الحراري منه

مقارنة بالوقود الأحفوري، وذلك إذا أخذ بعين الاعتبار الدورة الكاملة لإنتاج الوقود الحيوي واستخدامه[1].

6- طاقة الهيدروجين

6-1- مفهوم طاقة الهيدروجين:

كان العالم البريطاني هنري كفنديش، أول من اكتشف الهيدروجين في مداخلة في الجمعية الملكية في لندن عام 1776، ثم كتب عنه جول فيرن سنة 1874 حيث تنبأ بقدوم عهد للهيدروجين: "واعتقد أن الماء سيصبح يوما وقودا والهيدروجين والأكسجين المكونة له ستعمل منفردة أو متحدة و ستكون مصدر للحرارة والضوء لا ينضب وبكثافة لا يملكها الفحم ...الماء هو فحم المستقبل".[2]

ويعتبر الهيدروجين أحد العناصر الأكثر شيوعا التي وجدت على الأرض، والأخف من العناصر الموجودة المعروفة، وأن ما يقدر ب 90% من الكون مركب من الهيدروجين، ويمكن أن يوجد تقريبا في كل شيء عضوي مما يعني وجوده في أي مادة تحتوي على عنصر الكربون ماعدا الألماس والكرافيت، وفي كل الكائنات الحية، كم أن الهيدروجين في حالته الغازية النقية يكون عديم الرائحة واللون والطعم، وقابل للاشتعال إلى حد كبير لكنه ليس سام.[3]

ويمثل الهيدروجين نوعا مهما من أنواع الوقود، وهو مرشح لأن يكون له دور كبير في تأمين الطاقة في المستقبل، وقد ظهرت سيارات تعمل على غاز الهيدروجين، وأبرز تطبيقاته الاستفادة منه في خلايا الوقود، وهي خلايا واعدة بتطبيقات واسعة في المستقبل، ويتم توليد الكهرباء داخلها مباشرة

---

[1] - http://arabicedition.nature.com/journal/2013/03/nature11853. تاريخ الاطلاع: 2014/01/25

[2]- لعمى أحمد، رحمان أمال، مستقبل الهيدروجين الشمسي في الجزائر (المشروع المغربي – الأوروبي)، مجلة الباحث، جامعة ورقلة، ص258.

[3] - سمير سعدون مصطفى، بلال عبد الله ناصر، محمود خضر سلمان، مرجع سابق، ص81.

بتمرير الهيدروجين والهواء فيها، وعبر اتحاد الهيدروجين والأوكسجين نحصل على طاقة كهربائية، وأما مخلفات هذه العملية فهي الماء فقط، أي إن خلايا الوقود لا تسهم في تلويث البيئة[1].

ويعتقد الكثير من الخبراء بأن الهيدروجين يمكن أن يستعمل كمصدر للوقود لتزيد العالم بالطاقة، ولكي يمكن حدوث هذا فإن الغاز يجب أن يكون في شكله النقي، وهذا صعب لأن أواصر الهيدروجين توصل أو تربط بسهولة نسبيا إلى العناصر الأخرى، وفي الحقيقة فهو لا يتواجد كغاز في الطبيعة لكن بالأحرى يوجد ممزوجا مع العناصر الأخرى، وعلى سبيل المثال امتزاج الهيدروجين بالأكسجين لتشكيل الماء، لأن الماء شائع جدا على الأرض فإن أكثر الطرق لإنتاج غاز الهيدروجين تتمحور باستخلاصه من الماء.[2]

ويعتبر الهيدروجين من أكثر العناصر تواجدا في الكون، فالشمس والنجوم الأخرى تتكون من الهيدروجين، والفضاء بينهم يحتوي على نسبة عالية منه .ولكن على كوكب الأرض لا يوجد الهيدروجين كعنصر مستقل، فهو يوجد في الهواء بنسبة صغيرة بينما يوجد بوفرة كبيرة متحدا مع الأكسجين في صورة مياه المحيطات والبحار والأنهار، ويعتبر الهيدروجين بصفة عامة وقودا مثاليا، سواء من حيث الجدوى التقنية والاقتصادية أو من حيث أثاره على البيئة، حيث يعطي كيلوجرام واحد من الهيدروجين ثلاثة أضعاف الطاقة الناجمة عن نفس المقدار من البنزين ويمكن توفير الهيدروجين من خلال التحلل الكهربائي للماء، أو تحلل الماء حراريا بالتسخين المباشر لحوالي 3500 درجة مئوية أو أكثر، أو من خلال تأثير الأشعة الشمسية مباشرة بصورة شبيهة بعملية التمثيل الضوئي للنباتات، ويستخدم الهيدروجين السائل كوقود لجميع أنواع الطائرات، كما يمثل مصدرا للطاقة في تسيير بعض

[1] - مشروع الإنارة باستخدام الطاقة الشمسية، معهد الأبحاث التطبيقية، مرجع سابق، ص3.
[2] - سمير سعدون مصطفى، بلال عبد الله ناصر، محمود خضر سلمان، مرجع سابق، ص81.

السيارات، بدلا عن البنزين، وقد نجحت بعض شركات السيارات في تطوير السيارات الهيدروجينية مثل مرسيدس وبي أم دبليو BMW[1].

6-2- مزايا طاقة الهيدروجين

للهيدروجين مجموعة من المزايا والإيجابيات من بينها:[2]

- أنه عنصر قابل للاحتراق ذو محتوى حراري عال ولا ينتج من احتراقه أي غازات سامة أو ملوثة.

- يعد من مصادر الطاقة غير الناضبة، وهو متوفر بكميات هائلة في الطبيعة، وخصوصا في مياه البحار والمحيطات، وهو دائم ومتجدد.

- سهولة نقله وتخزينه في شكله الغازي أو السائل وبأكثر من وسيلة.

- يمكن استخدام الهيدروجين في البيوت السكنية بدلا من الغاز الطبيعي وبصورة خاصة لأغراض الطبخ والتسخين والتدفئة، كما يمكن استعماله كوقود مستقبلي لمختلف وسائل النقل دون إجراء تغييرات جذرية في أجهزة المحركات المعمول بها حاليا، هذا بالإضافة إلى استعمالاته في صناعة الأسمدة الكيمائية وتوليد الطاقة الكهربائية.

- ضآلة الطاقة اللازمة لبدء احتراقه مقارنة بالمصادر الأخرى.

- إن كمية الطاقة الحرارية التي يولدها الهيدروجين السائل، أكبر بِ 2,75 مرة من الحرارة التي يولدها حجم مماثل لسائل من المشتقات النفطية، أما بالنسبة للهيدروجين الغازي، فيحتوي على ثلث المحتوى الحراري الغاز الطبيعي، ولهذا فإن الهيدروجين السائل، يعتبر وقودا مناسبا للصواريخ والطائرات ذات السرعة العالية جدا، لأن انخفاض كثافة الهيدروجين، بالإضافة إلى محتواه الحراري، يجعل الطاقة الكامنة في خزان معين ملئ بالهيدروجين السائل، أضعاف الطاقة الكامنة في أي وقود آخر يستخدم في نفس الخزان.

---

[1] - مخلفي أمينة، مرجع سابق، ص229.
[2] - مخلفي أمينة، مرجع سابق، ص229.

– يؤدي إنتاج الهيدروجين باستخدام التحليل الكهربائي للماء إلى توافر الأكسجين، الذي يستخدم في عدة استخدامات هامة، مثل إنتاج الفولاذ أو تنقية المياه الملوثة وغير ذلك.

6-3- معوقات وصعوبات استخدام طاقة الهيدروجين

تتمثل معوقات وصعوبات استخدام الهيدروجين في:[1]

– المخاوف الناجمة عن الأخطار الكامنة في استعمال الهيدروجين، وخاصة عندما يكون في حالته الغازية كونه قابل للانفجار عند امتزاجه بالهواء، وهو السبب في استبداله بغاز الهليوم.

– يحتاج الهيدروجين السائل إلى خزانات مبردة بدرجات حرارة منخفضة جدا، مما يزيد من تكاليف التخزين، إلا أن العلماء توصلوا إلى حل للتغلب على هذه المشكلة وذلك بتخزين الهيدروجين بعد اتحاده بعنصر كيمائي آخر، يمكن فصله بسهولة عن طريق التسخين.

– صعوبة فصل الهيدروجين عن الماء لأن ذلك يحتاج إلى طاقة كبيرة، فهناك طرق عدة لفصل الهيدروجين عن الماء .إما بواسطة التحليل الكهربائي الذي تستخدم فيه كميات من الطاقة أكثر من الطاقة المنتجة، وإما بالطرق الحرارية الكيمائية، وهي طرق معقدة ومكلفة وتحتاج إلى درجة حرارة تبلغ 2000درجة مئوية.

6-4- أهم الانجازات العالمية في مجال الهيدروجين الشمسي:

ينتج الهيدروجين بواسطة الطاقة الشمسية الملتقطة بالعناصر الضوئية أو بواسطة الأبراج المنشأة في مناطق غنية بالإشعاع الشمسي كأفريقيا والسعودية، والمحطة الأولى في العالم التي استخدمت فيها الطاقة الشمسية الملتقطة بالعناصر الضوئية لإنتاج الهيدروجين كانت في السعودية، وفي ألمانيا أعدت برامج كبيرة لاستغلال الهيدروجين الشمسي منها البرنامج السعودي الألماني، والذي يتم دعمه من قبل أمانة العلوم والفنون وأمانة البحث والتقنية في ألمانيا بما قيمته 25%من المشروع

[1] - مخلفي أمينة، مرجع سابق، ص229.

لكل منهما وتساهم السعودية بقيمة 50% الباقية وبدأت الخطوات التنفيذية للمشروع عام 1986، انتهى المشروع عام 1992، وأصبح ينتج 170000 متر مكعب سنويا من الهيدروجين.

وترتب على هذا البرنامج إقامة مشاريع تجريبية في كل من ألمانيا و السعودية، أحد هذه المشاريع أقيم بألمانيا، حيث يبلغ متوسط الإشعاع الشمسي 1000 كيلوات ساعي للمتر المربع/سنة، وبقدرة 10 كيلو وات، والآخر بقدرة 2 كيلو وات بجامعة الملك عبد العزيز بالسعودية، كما أقيم مشروع بقدرة 35 كيلو وات في قرية شمسية في السعودية، قرب الرياض حيث يبلغ متوسط الإشعاع الشمسي 2300 – 2500 كيلوات ساعي للمتر المربع/سنة، هذه المشاريع تهتم بتطوير استخدام الهيدروجين الشمسي والتخطيط لاستخدامه، ومن المشاريع الأخرى القائمة في ألمانيا مشروع (solar–wasser stoff– Bayern)، والذي تساهم فيه 5 شركات ألمانية، ويهدف المشروع إلى اختبار منظومة إنتاج هيدروجين شمسي متكاملة تحت ظروف الإشعاع الشمسي في أوروبا، وتطوير المنظومة لأفضل الأداء، ويبلغ متوسط الإشعاع الشمسي في هذا الموقع (جنوب ألمانيا) 1100 كيلوات ساعي للمتر المربع/سنة.

بالإضافة إلى هذه المشاريع قامت ألمانيا ببناء منزل شمسي لإنتاج الهيدروجين، وتم تغطية 40 متر مربع من سطحه بالخلايا الشمسية التي تقوم بإنتاج التيار الكهربائي وتخزينه في مدخرات، ومن ثم استخدم لإنتاج الهيدروجين والأوكسجين حيث يتم تخزين كل منهما في أوعية خاصة، والطاقة المختزنة يمكن استخدامها في الشتاء من أجل الطبخ أو تسخين المياه أو التدفئة ويتوقع أن ينقل الهيدروجين المستخرج بالطاقة الشمسية مستقبلا مثل النفط والغاز في أنابيب[1].

[1] - لعمى أحمد، رحمان أمال، مرجع سابق، ص261.

المحور الرابع: الطاقة البديلة غير المتجددة

تم تقسيم هذا المحور إلى عنصرين أساسيين، يتناول الأول الطاقة النووية كمصدر حديث للطاقة، أما العنصر الثاني فيتناول الغاز الصخري كطاقة حديثة تتوجه الدول التي تمتلك احتياطاته إلى استغلاله.

أولا: الطاقة النووية

1- مفهوم الطاقة النووية

هي طاقة بديلة ومن أكثر مصادر الطاقة تركيزا، وذلك من خلال الطاقة التي تولدها بشكل كبير ومكثف إما عن طريق عملية الانشطار النووي، أو بواسطة عملية الاندماج النووي، ففي الوقت الذي ساهمت فيه ضمن مصادر الطاقة بنسبة 17% حسب إحصائيات 1990 فإن إنتاج الطاقة الكهربائية يعد أهم المجالات التي عرفت بها الطاقة النووية مع مساهمتها في استخدامات سليمة عديدة حيث سجلت إسهاماتها لدى قسم من البلدان الصناعية حوالي 80%، وقد ثبت من المجالات التي عرفت بها الطاقة النووية، مع مساهمتها في إست خدامات سليمة عديدة حيث سجلت إسهاماتها لدى قسم من البلدان الصناعية حوالي 70%، وقد ثبت من الناحية العلمية والعملية أن كمية الحرارة الناتجة عن تفجير رطل واحد من اليورانيوم تعادل حرارة اشتعال كمية1250 طن من الفحم الحجري تقريبا، وأصبحت الطاقة النووية تستخدم في نطاق كبير لتوليد الكهرباء في كثير من الدول، وبلغ إجمالي الطاقة الكهربائية الناتجة من المفاعلات نحو 16% من الطاقة الكهربائية، التي تستهلك على مستوى العالم، فهي تلبي ما يقرب من % 35 من احتياجات دول الإتحاد الأوربي أما اليابان فتحصل على 30%من احتياجاتها من الكهرباء من الطاقة النووية، وهي تعتبر طاقة جديدة وليست متجددة[1].

[1] - تكواشت عماد، واقع وآفاق الطاقة المتجددة ودورها في التنمية المستدامة في الجزائر. مذكرة ماجستير في العلوم الاقتصادية، جامعة الحاج لخضر، باتنة، الجزائر،2011/ 2012، ص34.

2- تاريخ استخدام الطاقة النووية

لقد تم استخدام الطاقة النووية في توليد الكهرباء لأول مرة على مستوى العالمي عندما أنشأت بريطانيا في عام 1956 أول مفاعل نووي، ومن ثم أصبح لديها في نهاية عام 1992 حوالي 37 مفاعلا نوويا تساهم بنسبة ملحوظة من مجموع الطاقة الكهربائية فيها، وبعد عام 1956 شهد العالم اهتماما كبيرا بهذا النوع من الطاقة، فتزايد إنشاء المفاعلات النووية للأغراض السليمة في كثير من دول العالم، وخاصة في الولايات المتحدة والإتحاد السوفيتي وبلدان أوروبا الغربية، واليابان وكندا ودول عديدة أخرى، وتشير الإحصائيات المتخصصة إلى أن عدد المفاعلات النووية العامة في توليد الطاقة الكهربائية على المستوى العالمي في نهاية عام 1992 قد بلغ 419 مفاعلا قدرتها 326.129 ميجاوات كهرباء، يقع .معظمها في البلدان الصناعية الغربية والدول الاشتراكية[1].

3- مميزات استخدام الطاقة النووية

هناك مجموعة من المميزات أهمها:[2]

3-1- المميزات الاقتصادية

من بين المميزات الاقتصادية نذكر ما يلي:

- إن التكلفة الاستثمارية للمحطة النووية تكون كبيرة جدا حيث أن التكلفة الاستثمارية تتراوح بين 1000إلى 3300 دولار كيلووات مركب، وذلك معناه أن المحطة النووية التي قدرتها 1000 ميجاوات يمكن أن تتراوح تكلفتها الاستثمارية بين 2000 مليون دولار إلى 3000 مليون دولار، وربما أكثر من ذلك إذ تعرض المشروع لأي تأخر، وهذا ما يجعل المؤسسات المالية تعتبر أن تركيز أموالهم في هذه المشروعات الكبيرة مخاطرة كبيرة، وبالتالي يزداد الأمر صعوبة بالنسبة للبلدان النامية، وذلك

[1] - تكواشت عماد، المرجع السابق، ص34.
[2] - تكواشت عماد، نفس المرجع، ص35.

لأن التمويل المطلوب قد يفوق أسقف الائتمان التي تحددها مؤسسات التمويل الدولية لكل دولة من الدول.

– أن إنشاء محطة نووية يحتاج إلى فترة طويلة نسبيا، وهذه الفترة في المتوسط تتراوح بين 6 إلى 7 سنوات، وذلك في الدول المتقدمة وتختلف هذه الفترة من دولة إلى أخرى، حتى في الدول المتقدمة أما الدول النامية تكون فترة الإنشاء أعلى في المتوسط من الدول المتقدمة وذلك بشكل عام، وهذا بسبب الحاجة لتطوير البنية الأساسية اللازمة لبناء المحطة النووية.

– أوضحت التجارب في العديد من الدول أن إنشاء محطة نووية يمكن أن يواجه العديد من المتغيرات التي قد تساهم في تعطل المشروع وتطيل من فترة لإنشاء بشكل كبير

3-2- المميزات السياسية.

إن المشاكل السياسية للطاقة النووية ليست فنية بل هي سياسية من الدرجة الأولى، وهو الخوف من تحويل المحطة النووية التي تستخدم في إنتاج طاقة سليمة لاستخدامها في المجال العسكري. غير أن النشاط الإشعاعي الناتج من المخالفات النووية المشعة التي تنتجها المفاعلات النووية، والتي يصعب التخلص منها، وهي تشكل خطرا كبيرا على الكائنات الحية لا ينتهي قبل مرور ألاف وربما ملايين السنين فضلا عن الحوادث التي قد تقع نتيجة التقصير والإهمال كما حدث في كارثة انفجار مفاعل تشرنوبيل في أوكرانيا عام 1986.

3-3- المميزات البيئية.

في تقرير حديث أصدرته اللجنة الأوربية لمخاطر الإشعاع أي التلوث الناجم عن برامج الطاقة والأسلحة النووية مسئولا عن وفاة 65 مليون شخص، وقال التقرير الذي نشرته وسائل إعلامية أن ثمة أرقام سابقة قللت بشكل كبير من تقييم أثار الصناعة النووية على حياة البشر مطالبا بإعادة النظر في

دعم الصناعة النووية أو المشاركة في تحمل المسؤولية عن وفاة ملايين البشر في مختلف أنحاء العالم.

وأثار التقرير إلى أن الانبعاث النووي سيؤدي في نهاية الأمر إلى وفاة 865 مليون شخص في مختلف أنحاء العالم. وأوضح التقرير أن وباء السرطان الحالي هو ناتج عن التلوث الصادر من الطاقة النووية، والتعرض للغبار النووي الناجم عن التجارب النووية العسكرية التي وصلت إلى ذروتها في الفترة من 1959 في عام 1963، إلا أن هناك استخدامات سليمة لهذه الطاقة تبرز في توليد الطاقة الكهربائية والصناعات الكيمائية وتستخدم لأغراض الطبية كذالك.

ثانيا: الغاز الصخري

1- مفهوم الغاز الصخري

ينتمي الغاز الصخري إلى فئة الغازات الطبيعية غير التقليدية، التي تضم أيضا ميثان الطبقة الفحمية وغاز الصخور الرملية المحكمة (أو الغاز المحكم) وهيدرات الميثان، إن الطفل الصفحي (الطفل الصفحي هو أحد أهمّ أنواع الصخور الرسوبية) هو تكوين صخري رسوبي يحتوي على الطين و الكوارتز ومعادن أخرى، إن الكثير من النفط أو الغاز المتكونين في الطفل الصفحي (هذا التكوين يعرف بصخور المنشأ بما أنه مصدر الهيدروكربون) يهاجر إلى الصخور ذات المسامية والنفاذية العاليتين، على غرار الصخور الرملية مثلا[1].

2- ظهور الغاز الصخري

إن أول بئر غاز تجاري في الولايات المتحدة، التي حفرت في ولاية نيويورك سنة 1821، قبل سنوات طويلة من حفر درايك لأول بئر للنفط، كانت في الحقيقة بئر للغاز الصخري، ومن ثم أنتجت كميات غاز محدودة من تكوينات الطفل الصفحي المتشققة قليلة العمق (ولاسيما في حوضي

[1] - مجلس الطاقة العالمي، دراسة موارد الطاقة، نظرة مركزة على الغاز الصخري، 2010، ص7.

الأبالاش ومتشقن) ومع ذلك، وإلى عهد قريب، فقد ظل إنتاج الولايات المتحدة الإجمالي للغاز الصخري متواضعا، إذ طغت عليه الكميات الهائلة من الغاز الطبيعي المستخرجة من مكامن الصخور الرملية، كما أن التحول الفكري الذي طرأ في السنوات الأخيرة حول إمكانيات الغاز الصخري لا يمكن إرجاعه إلى اكتشاف موارد جديدة أو إلى إعادة تقييم لتقديرات موارد قديمة، بل هو نتاج تطوير وتطبيق لتقنيات حديثة تمكّن فعلا من تحقيق معدلات إنتاج عالية، ولذلك يعتبر الكثيرون أن هذه هي بالأحرى مسألة استغلال موارد و ليست مسألة استكشاف[1]. والجدول (1) يبين الاحتياطات المقدرة من الغاز الصخري، لأهم 10 دول ذات إمكانات كبيرة من الغاز الصخري.

الجدول (9): الاحتياطات المقدرة من الغاز الصخري (العشرة دول الأولى)

المرتبة	الدولة	الاحتياطي المقدرة (مليار م^3)
01	الصين	31220
02	الأرجنتين	22456
03	الجزائر	19796
04	الولايات المتحدة الأمريكية	17500
05	كندا	16044
06	المكسيك	15260
07	أستراليا	12236
08	جنوب إفريقيا	10920
09	روسيا	7980
10	البرازيل	6860
–	المجموع	204372

[1] - مجلس الطاقة العالمي، المرجع السابق، ص7.

المصدر : إدارة معلومات الطاقة الأمريكية، على الموقع:

http://www.djelfa.info/vb/showthread.php، تاريخ الاطلاع: 2015/01/25.

المحور الخامس: العلاقة بين الطاقة التنمية المستدامة

في هذا المحور سوف نتناول العلاقة بين التنمية المستدامة والطاقة بصفة عامة، ثم نتناول العلاقة بين التنمية المستدامة والطاقات المتجددة بصفة خاصة.

أولا: الطاقة والتنمية المستدامة

نتناول هذا الفرع من خلال إلى ثلاثة عناصر أساسية، العنصر الأول الطاقة وركائز التنمية المستدامة، أما العنصر الثاني نتطرق فيه إلى الطاقة وجدول أعمال القرن 21 (الأجندة 21)، في حين يتناول العنصر الثالث الطاقة والأهداف الألفية للتنمية.

1- الطاقة وركائز التنمية المستدامة

يعتبر توفر خدمات الطاقة اللازمة لتلبية الاحتياجات البشرية ذو أهمية قصوى بالنسبة للركائز الأساسية الثلاثة للتنمية المستدامة، ويؤثر الأسلوب الذي يتم به إنتاج هذه الطاقة وتوزيعها واستخدامها على الأبعاد الاجتماعية والاقتصادية والبيئية لأي تنمية محققة.

وتتضمن القضايا الاجتماعية المرتبطة باستخدام الطاقة: التخفيف من وطأة الفقر، وإتاحة الفرص أمام المرأة، والتحول الذيمغرافي والحضري إذ يؤدي الوصول المحدود لخدمات الطاقة إلى تهميش الفئات الفقيرة وإلى تقليل قدرتها بشكل حاد على تحسين ظروفها المعيشية، فحوالي ثلث سكان

العالم لا تصل إليهم الكهرباء، بينما تصل إلى الثلث الآخر بصورة ضعيفة، كما أن اعتماد سكان المناطق الريفية على أنواع الوقود التقليدية في التدفئة والطهي له تأثيرات سلبية على البيئة وعلى صحة السكان، وبالإضافة إلى ذلك ما زال هناك تباين كبير بين الدول المختلفة في معدلات استهلاك الطاقة، فالدول الأكثر غنى تستهلك الطاقة بمعدل يزيد 25 ضعفا لكل فرد مقارنة بالدول الأكثر فقرا.

وعادة ما تعتمد التنمية الاقتصادية المحلية، وبخاصة في المناطق الريفية، على توافر خدمات الطاقة اللازمة سواء لرفع وتحسين الإنتاجية أو للمساعدة على زيادة الدخل المحلي من خلال تحسين التنمية الزراعية وتوفير فرص عمل خارج القطاع الزراعي، ومن المعلوم أنه بدون الوصول إلى خدمات طاقة ومصادر وقود حديثة يصبح توفر فرص العمل وزيادة الإنتاجية وبالتالي الفرص الاقتصادية المتاحة محدودة بصورة كبيرة، إذ أن توفر هذه الخدمات يساعد على إنشاء المشروعات الصغيرة وعلى القيام بأنشطة معيشية وأعمال خاصة يمكن إنجازها في غير أوقات ضوء النهار، ويعتبر الوقود كذلك ضرورياً للعمليات التي تحتاج إلى حرارة، ولأعمال النقل وللعديد من الأنشطة الصناعية، كما أن الكهرباء تعتبر من المدخلات الأساسية لجميع الأنشطة الإنتاجية والخدمية الحديثة ولإعمال الاتصالات، ويمكن أن يتسبب انقطاع الطاقة في خسائر مالية واقتصادية واجتماعية فادحة، فالطاقة يجب أن تكون متوفرة طوال الوقت وبكميات كافية وأسعار ميسرة وذلك من أجل تدعيم أهداف التنمية الاقتصادية، ويضاف إلى ذلك أن واردات الطاقة تمثل حاليا من منظور ميزان المدفوعات أحد أكبر مصادر الديون الأجنبية في العديد من الدول الأكثر فقرا.[1]

2- الطاقة وجدول أعمال القرن 21 (الأجندة 21)

أقر مؤتمر الأمم المتحدة المعني بالبيئة والتنمية عام 1992 خطة عمل للقرن الواحد والعشرين سميت جدول أعمال القرن 21، وقد تم تناول قضايا الطاقة كالتالي:[2]

[1] - برنامج الأمم المتحدة للبيئة، الطاقة لأغراض التنمية المستدامة في المنطقة العربية. ص5.
[2] - نفس المرجع، ص6.

تناول قضايا الطاقة في أجزاء عديدة من الخطة، كانعكاس لأهميتها وقيمتها كمدخل ضروري في عمليات وأهداف التنمية المستدامة، وفي البداية تم ربط الطاقة بمجالين رئيسيين من مجالات التنمية المستدامة، يتضمن الأول المسائل المتعلقة بالتنمية الاقتصادية والاجتماعية، خاصة ما يتعلق بِ :

- تخفيف وطأة الفقر.
- تغيير أنماط الإنتاج والاستهلاك.
- تنمية المستوطنات البشرية.

أما الثاني فيشمل الحفاظ على الموارد الطبيعية وإدارتها من أجل التنمية ويتضمن ذلك:

- حماية الغلاف الجوي.
- دفع وتعزيز التنمية الزراعية وتحسين الإنتاجية في المناطق الريفية.

وتسعى الأهداف والأنشطة التي حددها جدول أعمال القرن 21 فيما يتعلق بالمجالات السابق ذكرها إلى تدعيم وتقوية قدرات قطاع الطاقة بهدف تحسين قدرته على الاستدامة وزيادة إسهامه في تحقيق التنمية المستدامة في القطاعات الأخرى. وقد اقترح جدول الأعمال عدداً من السياسات والتدابير ذات الصلة بحيث يتم تطويرها وتطبيقها على ضوء الظروف المحلية والإقليمية السائدة، وتركز الأهداف والأنشطة المتصلة بالطاقة، والتي حددها جدول الأعمال على ستة مجالات جوهرية وهي:

- زيادة قدرة الوصول إلى الطاقة خاصة في المناطق الريفية.
- تحسين كفاءة إنتاج واستهلاك الطاقة
- دفع وتشجيع تطبيقات الطاقة المتجددة
- تعزيز استخدام أنواع وقود أكثر نظافة واستخدام تكنولوجيات متقدمة للوقود الأحفوري
- التوصل إلى قطاع نقل أكثر كفاءة ونظافة

– دفع وتشجيع التعاون الإقليمي والدولي.

3– الطاقة وأهداف الألفية للتنمية

تحدد الأهداف الألفية للتنمية التي أعلنت في سبتمبر 2000 المقاصد الرئيسية لتلبية أكثر الاحتياجات الإنمائية إلحاحا، وعلى الرغم من عدم وجود نص صريح في الأهداف الألفية للتنمية يتحدث عن الطاقة، إلا أن الطاقة تمثل عنصرا ضروريا في تحقيق جميع الأهداف التي أقرها قادة العالم، وعلى الأخص ما يتعلق بأهمية الطاقة في تحقيق هدف تخفيض نسبة الفقر إلى النصف بحلول عام 2015، وقد ظهر ذلك في قرار هام اتخذته الدورة التاسعة للجنة التنمية المستدامة التابعة للأمم المتحدة وينص على "تحقيق الهدف الذي أقره المجتمع الدولي ألا وهو، تخفيض عدد الأفراد الذين يعيشون على دخل أقل من دولار أمريكي واحد في اليوم إلى النصف بحلول عام 2015، وهذا الهدف يستوجب الوصول إلى خدمات طاقة بأسعار مناسبة كشرط أساسي مسبق"، وهذا يؤكد الحاجة إلى توفير خدمات الطاقة وإتاحتها للفقراء، بناءا على أسس اقتصادية مجدية ومقبولة اجتماعيا وسليمة بيئيا، وبالإضافة إلى هذا الهدف متسع النطاق، فان العمل على تحسين كفاءة الطاقة، واستخدام وقود تقليدي أنظف، والتحول إلى أنواع الطاقة المتجددة يمكن أن يكون له تأثير رئيسي في توفير التنوع الكبير لخدمات الطاقة، والذي يشمل أغراض الطهي والإضاءة والتدفئة والنقل وضخ المياه، وبالتالي تيسير سبل معيشية مستدامة، كما يساهم في تحسين المستوى الصحي والتعليمي، وكلها تعتبر عناصر مهمة داخل أهداف الألفية[1].

ثانيا– العلاقة بين الطاقات البديلة وأبعاد التنمية المستدامة

[1] - برنامج الأمم المتحدة للبيئة، المرجع السابق، ص7.

في هذا العنصر سوف نركز على عنصرين أساسيين، العنصر الأول الطاقة المتجددة والأبعاد البيئية للتنمية المستدامة، أما العنصر الثاني فهو الطاقة المتجددة والأبعاد الاقتصادية والاجتماعية للتنمية المستدامة.[1]

1- الطاقة البديلة والأبعاد البيئية للتنمية المستدامة

لقد تعرض جدول أعمال القرن الواحد والعشرين إلى العلاقات بين الطاقة والأبعاد البيئية للتنمية المستدامة، خاصة تلك المتعلقة بحماية الغلاف الجوي من التلوث الناجم عن استخدام الطاقة في مختلف النشاطات الاقتصادية والاجتماعية وفي قطاعي الصناعة والنقل على وجه الخصوص، حيث دعت الأجندة 21 إلى تجسيد مجموعة من الأهداف المرتبطة بحماية الغلاف الجوي والحد من التأثيرات السلبية لقطاع الطاقة مع مراعاة العدالة في توزيع مصادر الطاقة وظروف الدول التي يعتمد دخلها القومي على مصادر الطاقة الأولية أو تلك التي يصعب عليها تغيير نظم الطاقة القائمة بها، وذلك بتطوير سياسات وبرامج الطاقة المستدامة من خلال العمل على تطوير مزيج من مصادر الطاقة المتوفرة الأقل تلويثا للحد من التأثيرات البيئية غير المرغوبة لقطاع الطاقة، مثل انبعاث غازات الاحتباس الحراري، ودعم برامج البحوث اللازمة للرفع من كفاءة نظم وأساليب استخدام الطاقة، إضافة إلى تحقيق التكامل بين سياسات قطاع الطاقة والقطاعات الاقتصادية الأخرى وخاصة قطاعي النقل والصناعة.

2- الطاقة البديلة والأبعاد الاقتصادية والاجتماعية للتنمية المستدامة

- الطاقة البديلة والتنمية البشرية:

تتضح العلاقة بين التنمية البشرية والطاقة من خلال الارتباط القوي بين متوسط استهلاك الفرد من الطاقة ومؤشر التنمية البشرية وخاصة في الدول النامية، كما يؤدي استهلاك الفرد من مصادر

[1] - فروحات حدة، الطاقات المتجددة كمدخل لتحقيق التنمية المستدامة في الجزائر دراسة لواقع مشروع تطبيق الطاقة الشمسية في الجنوب الكبير بالجزائر، مجلة الباحث، جامعة قاصدي مرباح، ورقلة – الجزائر ، العدد11، 2012، ص151.

الطاقة التجارية دورا هاما في تحسن مؤشرات التنمية البشرية عن طريق تأثيرها في تحسين خدمات التعليم والصحة وبالتالي مستوى المعيشة، وتعطي الكهرباء صورة واضحة حول ذلك، إذ تمثل مصدرا لا يمكن استبداله بمصدر آخر للطاقة في استخدامات كثيرة كالإنارة، التبريد والتكييف وغيرها.

- تغيير أنماط الإنتاج والاستهلاك غير المستدام:

يمثل قطاع الطاقة واحد من القطاعات التي تتنوع بها أنماط الإنتاج والاستهلاك، والتي تتميز في معظمها بمعدلات هدر مرتفعة، وفي ظل الزيادة المطردة في الاستهلاك نتيجة للنمو السكاني فان الأمر يتطلب تشجيع كفاءة استخدام وقابلية استمرار موارد الطاقة من خلال وضع سياسات تسعير ملائمة من شانها إتاحة حوافز زيادة كفاءة الاستهلاك والمساعدة على تطبيق الإصلاحات القانونية والتنظيمية التي تؤكد على ضرورة الاستغلال المستدام للموارد الطبيعية وتنمية موارد الطاقة المتجددة إضافة إلى تسهيل الحصول على التجهيزات المتسمة بالكفاءة في استهلاك الطاقة والعمل على تطوير آليات التمويل الملائمة.

مقدمة.....1
المحور الأول: الإطار المفاهيمي لاقتصاد الطاقة.....2
أولا: ماهية الطاقة.....2
ثانيا: ماهية اقتصاد الطاقة.....4
المحور الثاني: الطاقة الأحفورية.....6
أولا: ماهية الطاقة الأحفورية.....7
ثانيا: مصادر الطاقة الأحفورية.....8
المحور الثالث: الطاقة المتجددة.....18
أولا: ماهية الطاقة المتجددة.....19
ثانيا: مصادر الطاقة المتجددة.....27
المحور الرابع: الطاقة البديلة غير المتجددة 61
أولا: الطاقة النووية.....62
ثانيا: الغاز الصخري.....65
المحور الخامس: العلاقة بين الطاقة التنمية المستدامة.....67
أولا: الطاقة والتنمية المستدامة.....68
ثانيا: العلاقة بين الطاقات البديلة وأبعاد التنمية المستدامة 71

قائمة الجداول

الجدول (1): تطور احتياطات البترول في العالم (1980 - 2020)
الجدول (2) تطور إنتاج واستهلاك البترول في العالم (1970– 2018)
الجدول (3) تطور احتياطات الغاز الطبيعي في العالم (1980 - 2020)
الجدول (4) تطور إنتاج واستهلاك الغاز الطبيعي في العالم (1970 – 2020)
الجدول (5) تطور استهلاك الطاقة الشمسية
الجدول (6) مقياس بوفورت لسرعة الرياح
الجدول (7) تطور استهلاك طاقة الرياح
الجدول (8) أعلى 10 دول منتجة للوقود الحيوي في العالم (2010)

الجدول (9) الاحتياطات المقدرة من الغاز الصخري (العشرة دول الأولى)