

جامعة محمد الصديق بن يحيى - جيجل-
كلية العلوم الإقتصادية والتجارية وعلوم التسيير



محاضرات في مقياس إقتصاديات الطاقة
السنة أولى ماستر إقتصاد دولي

قسم العلوم الإقتصادية
السنة الجامعية 2023/2022

المحاضرة السادسة
الطاقات المتجددة

أولاً: مفهوم الطاقات المتجددة

يطلق مصطلح الطاقات المتجددة على مصادر الطاقة التي لها صفة التجدد والديمومة، وهو ليس بمصطلح جديد يعرفه العالم حديثاً وإنما هي طاقة متاحة في الطبيعة تم إحلالها على مدى قرون مضت بالطاقات الأحفورية.

1. تعريف الطاقات المتجددة: هي الطاقات التي نحصل عليها من خلال تيارات الطاقة التي يتكرر وجودها في الطبيعة على نحو تلقائي ودوري، إذ تتميز بقابلية استغلالها المستمر دون أن يؤدي ذلك إلى استنفاد منبعها، وهي بذلك عكس الطاقات غير المتجددة الموجودة غالباً في مخزون كامن في باطن الأرض، ولا يمكن الاستفادة منها إلا بعد تدخل الإنسان لاستخراجها ومعالجتها لتهيئتها للاستخدام. وفي هذا الإطار يمكن ذكر بعض التعاريف التي جاءت بها الهيئات والمنظمات الدولية الناشطة في مجال الطاقة والمحافظة على البيئة:

◀ تعريف وكالة الطاقة العالمية (IEA): تشكل الطاقة المتجددة من مصادر الطاقة الناتجة عن مسارات الطبيعة التلقائية كأشعة الشمس والرياح، والتي تتجدد في الطبيعة بوتيرة أعلى من وتيرة استهلاكها؛

◀ تعريف برنامج الأمم المتحدة لحماية البيئة (UNEP): الطاقة المتجددة عبارة عن طاقة لا يكون مصدرها مخزون ثابت ومحدود في الطبيعة، تتجدد بصفة دورية أسرع من وتيرة استهلاكها، وتظهر في الأشكال الخمسة التالية: الكتلة الحيوية، أشعة الشمس، الرياح، الطاقة الكهرومائية، وطاقة باطن الأرض؛

◀ تعريف الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC): تعرف الطاقة المتجددة على أنها كل طاقة يكون مصدرها شمسي، جيوفيزيائي أو بيولوجي والتي تتجدد في الطبيعة بوتيرة معادلة أو أكبر من نسب إستعمالها وتتولد من التيارات المتتالية والمتواصلة في الطبيعة كطاقة الكتلة الحيوية والطاقة الشمسية وطاقة باطن الأرض، حركة المياه، طاقة المد والجزر في المحيطات وطاقة الرياح، وتوجد العديد من الآليات التي تسمح بتحويل هذه المصادر إلى طاقات أولية كالحرارة والطاقة الكهربائية، وإلى طاقة حركية بإستخدام تكنولوجيات متعددة تسمح بتوفير خدمات الطاقة من وقود وكهرباء.

2. **خصائص الطاقات المتجددة:** تتميز الطاقات المتجددة بعدة خصائص تتقدمها خاصية الديمومة وعدم النضوب كونها متجددة المخزون باستمرار، كما أنها في الأغلب غير ملوثة للبيئة، بالإضافة إلى خصائص أخرى نذكر منها:

✓ الشمس هي المصدر الأساسي للطاقات المتجددة سواء بصورة مباشرة أو غير مباشرة لذلك هناك من أطلق شعار الشمس أم الطاقات؛

✓ تلعب دورا هاما في حياة الإنسان وتساهم في تلبية نسبة عالية من متطلباته من الطاقة، وهي مصادر طويلة الأجل ذلك لأنها مرتبطة أساسا بمصادر طبيعية والطاقة الصادرة عنها؛

✓ تتوفر أشكال مختلفة من الطاقة في مصادر الطاقة المتجددة، الأمر الذي يتطلب إستعمال تكنولوجيا ملائمة لكل شكل من أشكال الطاقة؛

✓ هي طاقة محلية وطبيعية ميسرة لكافة الأفراد والشعوب والدول، بشكل وفير وخاصة في المناطق الأقل حظا من ناحية التطور الحضاري؛

✓ تعتبر سليمة من الناحية البيئية ولا تتسبب في إصدار غازات تضر بطبقة الأوزون، ولا تؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الأرض ولا ينتج عنها مخلفات تضر بالبيئة لهذا أطلق عليها الطاقة الخضراء؛

✓ تعد موارد الطاقة المتجددة موثوقة، فالنظام الموزع لتوليد الطاقة من مجموعة متنوعة من المصادر المتجددة، حيث يعد نظاما أكثر متانة وأقل عرضة لإنقطاع إمدادات الطاقة مقارنة بالأنظمة المركزية؛

✓ يمكن لبعض أنواع الطاقات المتجددة إنتاجها بشكل دائم على مدار اليوم، مثل طاقة المحيطات والوقود الحيوي، وإنتاج بعضها الآخر يكون متقطع، مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، وذلك لإرتباطهما بظواهر مناخية متغيرة.

3. **عيوب الطاقات المتجددة:** رغم الخصائص التي تتميز بها الطاقات المتجددة إلا أنها لا تخلو من بعض العيوب، أهمها:

✓ أغلب الطاقات المتجددة تحتاج إلى تكنولوجيايات متطورة لإنتاجها تفتقر إليها أغلب الدول، مما يبقى إستغلال هذا النوع من الطاقات حكرا ً على الدول المتقدمة؛

✓ مشكل تخزينها حيث أنها طاقة غير متاحة باستمرار، فبعضها لا يكون متوفرا طوال اليوم أو طوال السنة الأمر الذي يستدعي البحث عن آليات لتطوير أنظمة تخزين جديدة ومحسنة لتجاوز هذا المشكل، ومن تم توسيع إستغلالها وقت الحاجة إليها؛

✓ تحتاج أغلب مشاريع الطاقات المتجددة إلى رؤوس أموال ضخمة مما يعيق عملية الإستثمار في هذا المجال؛

✓ كفاءة تحويل الطاقة تبقى محدودة نسبيا إذا قورنت مع الطاقات الأحفورية أو الطاقة النووية؛

✓ تحتاج أغلب أنواع الطاقات المتجددة إلى خصوصيات معينة لإنتاجها فنجد أن طاقة الرياح تحتاج إلى سرعة رياح معينة لتشغيل التوربينات، وطاقة المياه تحتاج إلى مستوى معين من المياه لتعمل بكفاءة؛

✓ حدوث بعض الآثار السلبية عند إنتاج بعض أنواع الطاقات المتجددة كالضوضاء والتأثيرات البصرية، إضافة إلى بعض الآثار الغير مستحبة على البيئة؛

✓ استخدام مصادر الطاقات المتجددة، يتطلب إستعمال العديد من الأجهزة ذات المساحات والأحجام الكبيرة، بالإضافة إلى أن هناك عدة أشكال من الطاقة المتجددة، الأمر الذي يتطلب إستعمال تكنولوجيا ملائمة لكل شكل من الأشكال.

ثانياً: مصادر الطاقات المتجددة

تأخذ الطاقات المتجددة أشكالاً عديدة ومتنوعة بتنوع المصادر المستمدة منها، وهي عبارة عن موارد طبيعية دائمة وغير ناضبة ومتوفرة في الطبيعة ما دامت الحياة قائمة، إلا أن استعمالها لم ينتشر بعد على نطاق تجاري واسع وتختلف هذه المصادر فيما بينها من حيث درجة التقدم التقني والفني ومن حيث جدواها الاقتصادية وأهميتها، وفيما يلي نستعرض مختلف أنواع الطاقات المتجددة.

1. الطاقة الشمسية: هي تلك الطاقة المستمدة من الضوء المنبعث من الشمس والحرارة الناتجة عنها، حيث تتكون الشمس بنسبة 70% من غاز الهيدروجين، ونحو 27% من غاز الهيليوم، و3% من العناصر الأخرى، يبلغ قطرها 1.4 مليون كلم وكتلتها نحو 10×10^{30} طن أي ما يقارب 333 ألف مرة من كتلة الأرض، وتبعد عن الأرض بحوالي 150 مليون كلم، تبلغ حرارة مركز الشمس نحو 20 مليون درجة مئوية أما على سطحها فتقدر بـ 6000 درجة مئوية، وتصدر الشمس طاقة بمعدل 10×10^{23} كيلوواط وهذا يساوي ألف مليار مرة ما يحتاجه كوكب الأرض، مع أن الجزء الضئيل الذي يصل إلى الأرض يعادل 15 ألف مرة مما تحتاجه البشرية جمعاء، وللشمس طاقة هائلة بكل المقاييس، حيث تبعث أشعتها في كل الإتجاهات، وبالنظر إلى صغر حجم كوكب الأرض فإن سطحها لا يستقبل إلا مقدار ضئيل من الإشعاع الشمسي يتناسب مع مساحتها، وهذا الجزء من الإشعاع الشمسي تنعكس نسبة منه إلى الفضاء خارج الغلاف الجوي، ونسبة أخرى تمتص من طرف الغلاف الجوي والغيوم، أما ما يصل إلى سطح الأرض فيمثل 2000 مليون جزء من طاقة الشمس، ورغم ذلك فإن هذه الطاقة الوافدة إلى الأرض تزيد عن إجمالي الإحتياجات العالمية من الطاقة بنحو 5000 مرة، بحيث أن الطاقة التي يمكن الحصول عليها من أشعة الشمس لمدة ساعة و45 دقيقة تكفي لتلبية احتياجات استهلاك العالم لمدة عام.

ونميز ضمن الطاقة الشمسية بين:



أ. الطاقة الفوتوفولطية (السييليكونية):

التي تعمل على تحويل الطاقة الشمسية مباشرة إلى طاقة كهربائية بواسطة الخلايا الفوتوفولطية، وتقوم هذه التقنية على توليد قوة دافعة كهربائية كنتيجة لإمتصاص الإشعاع الشمسي؛



ب. الطاقة الشمسية الحرارية: التي من

خلالها يتم تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية بواسطة المجمعات أو المراكز الشمسية، وتستطيع الطاقة الحرارية أن تدير محرك حراري وبالتالي تتحول الطاقة الشمسية إلى طاقة ميكانيكية.

2. طاقة الرياح: طاقة الرياح هي "القدرة التي تمتلكها الرياح والتي تمكنها من تحريك الأشياء أي

الطاقة الحركية (الميكانيكية) التي يمتلكها الهواء نتيجة الحركة"، وتعود طاقة الرياح في الأساس إلى الشمس، حيث يؤدي تسخين الهواء من خلال أشعة الشمس إلى تصاعد هذه الطبقات الهوائية الحارة إلى أعلى، تاركة تحتها فراغ يتم ملؤه بالهواء البارد الذي ينساب كرياح، وقد قدر العلماء أن 2% من الطاقة الشمسية الساقطة على سطح الأرض تتحول إلى طاقة رياح، ويزيد مقدار هذه الطاقة على كمية الطاقة الكلية المستخدمة فعليا في العالم على مدار العام.



ويتم إنتاج الطاقة الكهربائية من الرياح بواسطة محركات أو (التوربينات) ذات ثلاثة أذرع دوارة تحمل على عمود تعمل على تحويل الطاقة الحركية للرياح إلى طاقة كهربائية، فعندما تمر الرياح على الأذرع تخلق دفعة هواء ديناميكية تتسبب في دورانها، وهذا الدوران يشغل التوربينات فتنتج طاقة كهربائية.

وتعد طاقة الرياح طاقة سريعة التأثير بالتغيرات في أشكال طبوغرافية المنطقة والأنماط المناخية لها، إضافة إلى التغير المكاني هناك تغير زمني حيث يسجل فرق في الطاقة المنتجة من الرياح خلال اليوم الواحد، وخلال الفصول وحتى من سنة إلى أخرى ونميز للطاقة الريحية نوعين هما:

أ. الطاقة الريحية البرية: تعد المواقع الجبلية والهضاب بوجه خاص من المواقع الملائمة لإستغلال طاقة الرياح علاوة على ذلك فقد تم إعداد مجموعة كبيرة من التوربينات التي تلائم جميع أنواع التطبيقات وتدعى بالمزارع البرية للطاقة الهوائية؛

ب. الطاقة الريحية البحرية: تتميز الرياح البحرية بكونها أكثر قوة وثباتا، وبذلك تزيد إنتاجيتها في البحر بنسبة 40% إلى 60% عنها في الشاطئ وتتمتع التوربينات الهوائية البحرية بقوة هائلة مقارنة بتلك

الموجودة في البر، ويصل العمق الذي تبنى فيه هذه التوربينات إلى أكثر من 30م، وتدعى المناطق التي يتم فيها زرع هذه التوربينات بالمزارع البحرية للطاقة الهوائية.

3. الطاقة المائية: الماء مركب كيميائي ناتج عن اتحاد ذرتي هيدروجين وذرة أوكسجين، ومن أهم خواصه أنه عديم اللون والطعم والرائحة، ويتجمد عند حرارة صفر مئوي ويغلي عند 100 درجة مئوية، وهو المركب الوحيد الذي يتواجد في الطبيعة في الحالة الصلبة والسائلة والغازية ويتحول من حالة لأخرى بإكتساب أو فقدان كمية من الطاقة الحرارية، ويكون الماء 71% من مساحة سطح الكرة الأرضية.

وتعرف الطاقة المائية على أنها "الطاقة الكامنة أو القدرة التي تمتلكها الكميات الكبيرة من المياه سواء المسطحات المائية أو الجارية والشلالات حيث تكون القدرة الحركية للمياه في أعلى قيمة لها".
تصنف مصادر الطاقة المائية في الغالب إلى مجموعتين رئيسيتين تتمثل في مصادر بحرية وأخرى نهريّة.

أ. المصادر البحرية: وهي مصادر الطاقة المرتبطة بالمسطحات البحرية والمحيطية والتي تتولد نتيجة لحركة الأمواج أو المد والجزر، ويمكن الاستفادة من حركة الأمواج من خلال بناء محطات بحرية على السواحل لتوليد الطاقة الكهربائية، وتزويد المناطق الساحلية بمصادر طاقة نظيفة، ويتم الحصول على طاقة المد والجزر ببناء سد فيه أنفاق توضع فيها توربينات يتم من خلالها توليد الكهرباء؛

ب. المصادر النهريّة: يرتبط أيضا مفهوم مصادر الطاقة المائية في الوقت الحاضر بمحطات توليد الطاقة الكهربائية التي تقام على مساقط الأنهار، ويترافق مع إقامة هذه المحطات بناء السدود وتكوين البحيرات الإصطناعية لحجز مياه الأنهار وضمان توفر كميات كبيرة من الماء تكفل تشغيل محطات الطاقة بشكل دائم.

4. طاقة الحرارة الأرضية (الحرارة الجوفية): تعرف طاقة الحرارة الأرضية بأنها طاقة حرارية كامنة في باطن الأرض، والتي تنشأ عن وجود العناصر المشعة في باطنها، وهي طاقة متواجدة في جميع دول العالم، إلا أنها ليست بنفس العمق، حيث أن حرارة الأرض تزداد كلما زاد العمق، وهو ما يعرف بالتدرج الحراري، وتبلغ درجة حرارة نواة الكرة الأرضية حوالي 2500° إلى 3000°، وتنخفض إلى أقل من 100° عند الطبقة الخارجية.

وتنقسم الحقول الجيوحرارية إلى ثلاثة أنواع هي:

أ. حقول البخار الجاف: حيث تكون الطبيعة الغالبة لهذه الحقول هي وجود خزانات من أبخرة الماء على درجات حرارة عالية وتحت ضغط عال أيضا، ويعتبر هذا النوع من الحقول أكثر ملائمة لأغراض توليد الكهرباء عبر نقل البخار في أنابيب لتشغيل توربينات لإنتاج الكهرباء؛

ب. حقول المياه الساخنة: يغلب على هذا النوع من الحقول وجود الماء الساخن، وقد يكون على درجات حرارة عالية وضغط عال أيضا مما يسمح في هذه الحالة بارتفاع درجة حرارته إلى أكثر من 100°م دون حدوث غليان بسبب وجود هذه المياه تحت ضغط عال، وحين يرتفع الماء إلى السطح

ويتعرض إلى الضغط الجوي الذي هو أقل من الضغط المؤثر على الماء في باطن الأرض، فيتبخر قسم منه ويتم دفع ذلك البخار في أنابيب وتوصيله إلى توربينات لتوليد الكهرباء، أما الماء المتبقي فيمكن استعماله لأغراض أخرى؛

ج. **حقول الصخور الحارة:** تتميز هذه الحقول بكونها لا تحتوي على مياه أو سوائل أخرى تسهل من عملية نقل الحرارة من باطن الأرض إلى سطحها، ويعتبر هذا النوع الأكثر شيوعاً، إلا أنه لم يستغل بعد والبحوث والدراسات جارية لإستغلاله.

5. **طاقة الكتلة الحية:** الطاقة الحيوية هي الطاقة المستمدة من المواد العضوية كالنباتات، عظام ومخلفات الحيوانات والنفايات والمخلفات الزراعية والصناعية، ومن المنتجات الزراعية الغنية بالنشاء أو بالسكريات المستخدمة في إنتاج الطاقة الحيوية. وهناك أساليب متعددة لمعالجة مصادر الكتلة الحية وتحويلها لوقود صالح للإستعمال سواء في شكل سائل، صلب أو غازي، ومنها نذكر الحرق المباشر، طرق التخمر، الإستخلاص، والحل الحراري... إلخ.

وهناك العديد من الأنماط المختلفة لوقود الكتلة الحيوية التي تتراوح من الحطب التقليدي المستخدم في الطهي بالمناطق الريفية، إلى الأنماط الحديثة والمتطورة للغاية منها:

✓ **الإيثانول:** وهو عبارة عن وقود حيوي سائل، ويعد من أهم أشكال الكحول المستخرج من تخمر الفضلات، والحبوب، كما يتم استخلاصه من قصب السكر والنشاء، ويتزايد استخدامه في قطاع النقل كوقود بديل أو كمضاف للبنزين، حيث تتجه البحوث لتطوير هذا النوع من الوقود نظراً لانخفاض نسبة ثاني أكسيد الكربون المنبعثة جراء استخدامه.

6. **طاقة الهيدروجين:** يعد الهيدروجين أصغر عنصر عرفه الإنسان، فهو غاز لا رائحة ولا لون له وليس بغاز سام، وله من الخصائص الفيزيائية والكيميائية والمقومات التي تجعل منه وقوداً شاملاً وناجحاً، فهو الأخف والأنظف ومن الممكن تحويله إلى أشكال أخرى من الطاقة بكل فعالية وكفاءة، حيث أن استعمال الهيدروجين في خلايا الوقود يولد الكهرباء ويطلق فقط بخار الماء كما أن كفاءة السيارات التي تعمل على الهيدروجين أكثر بمرتين أو ثلاث من تلك التي تعمل بواسطة محرك البنزين، إضافة إلى قدرته على التخزين والتي يتفوق بها على بقية الطاقات المتجددة الأخرى التي تعاني من عدم التواجد الدائم بنفس القدرة كالطاقة الشمسية وطاقة الرياح... إلخ. ويعتبر الهيدروجين من أكثر العناصر تواجداً في الكون حيث يشكل 90% من الوزن الإجمالي له، وعلى الرغم من تواجده الكبير في الكون إلا أنه لا يتواجد كعنصر مستقل على سطح الأرض، فهو يدخل في تركيب العديد من المواد أهمها الماء والمركبات العضوية التي تكون الأجسام الحية من نباتات وحيوانات، وبالتالي لا يعد مصدراً أولياً للطاقة وإنما مصدر وسيط لإنتاجها.

تتعدد الطرق التي من خلالها يمكن إنتاج الهيدروجين وتتمثل أهمها فيما يلي:

أ. **التحليل الكهربائي للماء:** تعد من أبسط الطرق المعتمدة للحصول على الهيدروجين من الماء وأكثرها إنتشاراً، وتعتمد على إمرار تيار كهربائي في الماء ليتحلل إلى مكوناته الرئيسية من هيدروجين وأكسجين، ويحتاج في ذلك إلى طاقة وجهاز يسمى بخلية التحليل الكهربائي؛

ب. طريقة التحليل الحراري للماء: يلزم لتحليل الماء إلى عنصريه بتسخينه المباشر إلى حوالي 3000° مئوية أو أكثر إلا أن الوصول إلى هذه الدرجة ليس سهلاً، كما يصعب إيجاد أوعية أو مواد تتحمل مثل هذه الدرجة المرتفعة من الحرارة، لذلك يحاول العلماء تجنب هذه الصعوبات عن طريق إجراء التحلل الكهربائي على عدة مراحل على أن يستعمل حفاز كيميائي أو أكثر كأكسيد الحديد وثاني أكسيد الكبريت أو بروميد الكالسيوم والزنابق، وذلك من أجل إجراء التفاعل في درجات حرارة أقل بحيث أعلى درجة تحتاجها هذه الطريقة في وجود الحفاز هي 730° مئوية.