ISES

المنظمة الدولية للطاقة الشمسية

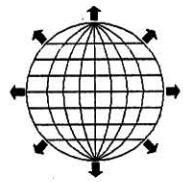
الكتاب الأبيض

التحول الى مستقبل الطاقة المتجددة

إعداد / د. دونالد اتكين
ترجمة / د . هشام محمود العجماوى

٢٠٠٥

http://whitepaper.ises.org



المنظمة الدولية للطاقة الشمسية

ISES

الكتاب الأبيض

التحول إلي
مستقبل الطاقة المتجددة

إعداد د. دونالد اتكين

ترجمة د.م. هشام محمود العجماوي

فبراير 2005

http://whitepaper.ises.org

المحتويات

ملخص تنفيذي	1
ملخص عن السياسات المطروحة ، ومعايير التنفيذ	5
تمهيد : الطاقة الشمسية في الماضي والحاضر والمستقبل	6
إطار عمل ، أهداف ، وأبعاد هذا الكتاب الأبيض	8
وحدات الطاقة وأهم الوحدات المستخدمة	9
مقدمة : التحول في الطاقة العالمية ، وإتباع المنهج الصحيح	10
عناصر جديدة تدفع السياسة العامة للتحول للطاقة المتجددة	12
الإنذارات البيئية	12
تجنب المخاطر	13
الفرص المتاحة للحكومات	14
خصائص مصادر الطاقة المتجددة ، مراحل تطورها، إمكانيتها	15
الطاقة الحيوية	15
طاقة الحرارية لباطن الأرض	18
الرياح ومصادر الطاقة المتجددة المتقطعة	20
طاقة الرياح	20
تحقيق مشاركة أكثر لطاقة الرياح ومصادر الطاقة المتجددة المتقطعة الأخرى	23
الاستخدامات المباشرة للطاقة الشمسية	24
نظرة شاملة	24
التدفئة الشمسية السلبية وإضاءة المباني بضوء النهار	25
تسخين المياه والتدفئة بالطاقة الشمسية	26
إنتاج الكهرباء باستخدام الطاقة الشمسية الحرارية	27

انتاج الطاقة الكهربية الفوتوفولتية الشمسية	30
العناصر المحلية والقومية التي تدعم تطوير وتطبيق تكنولوجيا الطاقة المتجددة	34
الوفاء بالالتزامات الدولية بخفض الانبعاثات	34
زيادة الإنفاق علي الطاقة وخلق فرص عمل جديدة	34
سياسات نشر تطبيقات مصادر الطاقة المتجددة	37
نظرة شاملة	37
سياسات ناجحة تتبعها بعض الدول	38
الشبكة المحلية للكهرباء بمقاطعة سكر منتو	39
لوس انجلوس وسان فرانسيسكو	40
السياسات القومية التي تدعم تطوير مصادر الطاقة المتجددة	42
وضع نسب متوازنة لمشاركة الطاقة المتجددة	42
إحدي أدوات التسعير الناجحة قانون FEED - IN	44
الدول النامية	45
الحوافز المرتبطة باقتصاديات السوق	47
نظرة شاملة	47
مواجهة عدم المساواة في الدعم المالي المقدم لمصادر الطاقة	48
تطوير منهجية ثابتة لتقدير تكلفة الطاقة	49
دور البحث والتطوير في التحول للطاقة المتجددة	
نموذجين متكاملين للسياسات القومية للطاقة	
الولايات المتحدة : الوضع الحالي لسياسات الطاقة بالولايات المتحدة حتي نهاية 2003	
المخطط الأمريكي لتفعيل الطاقة النظيفة	
ألمانيا : سياسة الطاقة المتجددة الفعالة بعيدة المدي	
خاتمة	
المراجع	

تمهيد

الهدف من هذا الكتاب هو الإسهام في مناقشة قضية التحول نحو الطاقة المتجددة في إطار استعراض أهداف الألفية التنموية (MDG's) والتي سيتم طرحها، في الجمعية العمومية لمنظمة الأمم المتحدة عام 2005 ، وفى اجتماع مفوضية التنمية المستدامة رقم 14 لعام 2006 (CSD14) ، وفي اجتماعها رقم 15 في 2007 (CSD15) .

قامت المنظمة الدولية للطاقة الشمسية بإصدار هذا الكتاب للتركيز على أهمية التحول نحو الطاقة المتجددة ودور السياسات الحكومية في هذا التحول، كما يستعرض الكتاب أيضا قدرا وافيا من المعلومات عن التطبيقات والسياسات المطبقة في الدول الصناعية .

قام بإعداد الكتاب د./ دونالد اتكين بالتعاون مع نخبة من علماء الطاقة المتجددة ، وتم نشره علي موقع المنظمة بالإنترنت في 21 نوفمبر 2004 باللغات الإنجليزية والفرنسية والصينية والتشيكية.

وتعميما للإفادة من هذا الكتاب الأبيض فقد كلفتني المنظمة الدولية للطاقة الشمسية – بصفتي عضواً سابقاً بمجلس إدارتها لمدة 6 سنوات والرئيس الحالي لفرعها بمصر – بترجمته إلي اللغة العربية لنشره علي موقع الإنترنت للمنظمة ، ليكون في متناول يد كافة الجهات ، ومتخذي القرار، وصانعي السياسات في جميع الدول العربية .

والله ولي التوفيق،

د.م.هشام محمود العجماوي

مدير عام الطاقة بوزارة الدولة لشئون البيئة

عضو مجلس إدارة هيئة تنمية واستخدام الطاقة الجديدة والمتجددة

ابريل 2005

ملخص تنفيذي

يهدف هذا الكتاب الأبيض إلي التعريف بالسياسات الحكومية التي تؤثر في إدارة مصادر الطاقة المتجددة تأثيرا فعالا علي مستوي العالم ، وتوفير قدر كاف من المعلومات عن كيفية النهوض بتلك السياسات، ومحور هذا الكتاب هو وضع قضية التحول إلي الطاقة المتجددة في مقدمة أولويات القضايا السياسية القومية والعالمية ابتداءً من الآن.

ويسجل الكتاب أن الطاقة المستدامة كانت المصدر الوحيد الدائم للإمداد بالطاقة علي مدار تاريخ البشرية وحتى مشارف الثورة الصناعية في بداية القرن الثامن عشر، وسوف يضطر العالم للرجوع إليها قبل نهاية القرن الحالي .

يمثل الوقود الحفري حقبة زمنية ولا يمثل عصرا فهو محدود زمنيا في كافة الحضارات والعصور والمجتمعات، لذلك فمن الضروري ان تراجع جميع الحكومات رصيدها المتبقي من حقبتة .

ويوضح الكتاب أيضا،أن السياسات الموجودة حاليا، والخبرات الاقتصادية التي اكتسبتها العديد من الدول من جراء تطبيقات الطاقة المتجددة تكفي لتحفيز الحكومات لاتخاذ خطوات جادة وبعيدة المدى، تعجل بالتوسع في تطبيقات الطاقة المتجددة وزيادة انتشارها، والمضي قدما بخطوات ثابتة للوصول للتحول الكامل للطاقة المتجددة ، لتصل كمية الطاقة الكهربائية التي مصدرها الطاقة المتجددة إلي ٢٠% بحلول عام٢٠٢٠، وإلي ٥٠% من الطاقة الأولية بحلول عام ٢٠٥٠ مع عدم وجود ما يضمن حدوث ذلك، لذا يناقش هذا الكتاب الأبيض كافة التحديات للوصول إلي إمكانية تحقيق ذلك الهدف ليس لأنه مرغوب فحسب بل لكونه إجباريا كذلك.

تعتبر الفترة الزمنية المتبقية لإمداد العالم بالطاقة الحفرية الكافية والدائمة قصيرة جدا ، ويوضح هذا الكتاب الفوائد الاقتصادية والأمنية والبيئية التي تنتج من الإسراع في استخدام مصادر الطاقة المتجددة ، وهذه الفوائد كافية لضمان السياسات التي تدفع بالتغيرات الضرورية إلى الأمام، وفي ذات الوقت تتجنب العواقب السلبية .

ويقدم الكتاب ثلاثة أسباب تدفع بالسياسات العامه للتحول لاستخدام الطاقة المتجددة :

١) الفهم والإدراك المتزايد لخطورة الآثار البيئية الناجمة عن الوقود الحفري .

٢) الحاجة لتقليل المخاطر الكثيرة الناتجة من كون المحطات المركزية لتوليد الطاقة أهدافا يسهل تدميرها إرهابيا.

٣) الإغراءات البيئية والاقتصادية التي تظهر نتيجة التحول لاستخدام الطاقة المتجددة.

وسوف يتزايد التحول لاستخدام الطاقة المتجددة عندما تكتشف الحكومات المنافع التي تحققها سياسات الطاقة المتجددة وتطبيقاتها للاقتصاد عن غيرها من السياسات الحالية لمصادر الطاقة الأحفورية المحدودة القديمة، والأنظمة المركزية غير الموثوق بها والمستخدمة في إنتاج وتوزيع الطاقة.

إن مسئولية القيادات السياسية والسياسات العامة للحكومات في الوقت الحالي هو العمل علي دفع تطبيقات وتكنولوجيات الطاقة المتجددة ونشرها ،وهي ليست مسئولية التكنولوجيا والاقتصاد وحدهما، لأنهما يتطوران بمرور الوقت.

يوضح هذا الكتاب الأبيض أن هذا التطور سوف يسمح بزيادة استخدام الطاقة المتجددة في أسواق الطاقة، وفي مرافق البنية التحتية مما سيمكن الحكومات من وضع أهداف ثابتة لاستخدامات الطاقة المتجددة بثقة، وبدون أي تقصير في مجالات الطاقة الأولية والطاقة الكهربائية خلال العشرين عاما القادمة أو أكثر.

وبالنسبة لتكنولوجيات الطاقة المتجددة فإن الكتاب يوضح الآتي :-

الطاقة الحيوية :

ما يقرب من١١% من الطاقة الأولية المستخدمة حاليا مأخوذة من الطاقة الحيوية التي تعد المصدر الوحيد الذي لا ينتج عنه انبعاثات لغاز ثاني أكسيد الكربون، و المتاح منها حاليا هو ١٨ % فقط، والمقدر أن تصل الطاقة الحيوية إلي ٤٥٠ اكساجول EJ بحلول عام٢٠٥٠ وهي تزيد عن إجمالي استخدامات الطاقة الأولية حاليا. وينتج عن استخدام الطاقة الحيوية فوائد اقتصادية للمناطق الريفية، بالإضافة إلى توفير الآلاف من فرص العمل الجديدة بدلا من التكاليف المدفوعة لمصادر الوقود التقليدية .

طاقة حرارة باطن الأرض :

استخدمت طاقة حرارة باطن الأرض منذ آلاف السنين لإمداد الإنسان بالحرارة ، بالإضافة إلى استخدامها في إنتاج الكهرباء علي مدار الـ ٩٠ عاما الماضية، وبالرغم من أن طاقة حرارة باطن الأرض مقصورة علي المناطق الغنية بها،إلا أن حجم مصدر هذه الطاقة يعتبر حجما ضخما. وتعتبر طاقة حرارة باطن الأرض مصدراً أساسياً للطاقة المتجددة لـ ٥٨ دولة، ٣٩ من هذه الدول يمكن إمدادها بالكامل بنسبة ١٠٠ % من هذه الطاقة، وأربعه دول أو أكثر يتم إمدادها بحوالي ٥٠ % ، وخمسة دول أو أكثر يمكن إمدادها بـ ٢٠ %، وثمانية دول أو أكثر يمكن إمدادها

بـ ١٠%. وتعتبر طاقة حرارة باطن الأرض والطاقة الحيوية من المصادر الثابتة والمستقرة لمصادر الطاقة المتجددة ، والتي يمكن لها أن تقوم بإمداد وتغطية "حمل الأساس" في شبكات مصادر الطاقة المتجددة المتقطعة.

طاقة الرياح:

وصلت قدرة طاقة الرياح العالمية إلي ما يزيد عن ٣٢ ألف ميجاوات في نهاية عام ٢٠٠٢، وتتزايد بنسبة ٣٢ % سنويا ، وتوجد توربينات هوائية متصلة بالشبكة الكهربائية في ٤٥ دولة حاليا، وينافس سعر الكهرباء المنتجة من الرياح سعر الكهرباء المنتجة من محطات توليد القوي باحتراق الفحم، وستستمر في الانخفاض حتى تصبح اقل مصدر من مصادر إنتاج الكهرباء علي الإطلاق، ويمكن تحقيق الهدف العالمي للوصول إلي إنتاج ١٢ % من احتياجات العالم من الكهرباء من الرياح بحلول عام ٢٠٢٠، و ٢٠% من احتياجات الدول الأوربية للكهرباء عام ٢٠٢٠، ويعتبر إيقاع تطور طاقة الرياح متوافقا مع إيقاع التطور التاريخي للطاقة الكهرومائية والطاقة النووية، لذا فإن مساهمة مصادر الطاقة المتجددة المتقطعة بنسبة ٢٠% يعتبر هدفا واقعيا يمكن تحقيقه من خلال أنظمة الشبكات الحالية وبدون الحاجة إلي تخزين الطاقة.

الطاقة الشمسية :

تستخدم الطاقة الشمسية مباشرة في كل من التطبيقات الأتية : التدفئة، إضاءة المباني ، تسخين المياه، إنتاج الحرارة والبخار الذي يستخدم في العمليات الصناعية وفي توليد الكهرباء حراريا ، إنتاج المياه العذبة من البحار المالحة، ضخ المياه وإزالة السموم من المياه الملوثة لمواجهة الاحتياج الشديد للعالم من المياه النظيفة، طهي الطعام باستخدام الطباخ الشمسي حيث يمكن إن تحل محل الأخشاب التي ينتج عن احتراقها تعرية النظم البيئة وتلويث الهواء في منازل الفقراء ، كما تستخدم الطاقة الشمسية في إنتاج الكهرباء مباشرة عن طريق الخلايا الفوتوفولتية حيث يمكن أن تستخدم في حفظ وتجميد الطعام والدواء لحوالي ١,٨ مليار من سكان العالم يعيشون بدون كهرباء ، وتوفير الاتصالات لكافة أنحاء العالم.

استهلاك الطاقة داخل المباني :

تستهلك الاستخدامات المنزلية في المدن الصناعية ما يقرب من ٣٥ % إلي ٤٠ % من إجمالي استخدامات الطاقة الأولية القومية بها وقد تصل النسبة إلي ٥٠ % عندما نأخذ في الاعتبار مواد البناء والبنية التحتية التي تخدم عملية البناء، ومن المعلوم أن هناك بيوتا تصمم من البداية للاستفادة من الطاقة الشمسية المباشرة ويطلق عليها المباني الشمسية تستخدم أشعة الشمس في تدفئة حجرات المبني وإنارته، وتؤكد الإحصائيات الحديثة أن معدلات أداء العاملين والطلبة ترتفع في ضوء النهار الطبيعي، مما يعظم من كفاءة وفوائد استخدام الطاقة الشمسية داخل المباني. ويؤدي التصميم المتكامل للمباني " المتجاوبة مع المناخ" (Climate-responsive) ، إلي زيادة كفاءة الطاقة من ٣٠% إلي ٥٠% في تلك المباني ، وبرغم أن تكلفتها تزيد بحوالي ٦% عند الإنشاء إلا أنها خلال ٨ سنوات توفر هذه التكلفة من اقتصاديات استهلاك الطاقة.

تكنولوجيات الطاقة الشمسية :

يجب علي الحكومات وضع أهداف جادة بعيدة المدى لتطبيقات الطاقة الشمسية مثل تدفئة المنازل وتسخين المياه المنزلية، لتصل مساحة المجمعات الشمسية المستخدمة إلى مئات الملايين من الأمتار المربعه بحلول عام ٢٠١٠، وهناك اتجاه عالمي يهدف إلي أن يصل إجمالي الطاقة الشمسية المنتجة إلي ١٠٠ ألف ميجاوات من المركزات الشمسية بحلول عام ٢٠٢٥، وهذا الهدف يمكن تحقيقه للاستفادة من منافعه بعيدة المدى .

الخلايا الفوتوفولتية :

تتزايد تكنولوجيا توليد الكهرباء من الخلايا الفوتوفولتية بشكل ملحوظ علي مستوي العالم بنسبة أكثر من الضعف كل عامين، حيث وصل حجم مبيعاتها إلي ٣,٥ مليار دولار أمريكي في عام ٢٠٠٢ ومن المتوقع أن تصبح ٢٧,٥ مليار دولار أمريكي في عام ٢٠١٢، وتساعد التكنولوجيا الفوتوفولتية علي توفير فرص العمل في الدول النامية والمتقدمة علي حد سواء، وتدعم الاقتصاد المحلي، وتحسن البيئة المحلية، وتوفر معيار الثقة في البنية التحتية،ويمكن للمباني المجهزة بالأنظمة الفوتوفولتية المتكاملة (BIPV) مع تخزين هين للطاقة أن تضمن استمرار أنشطة الجهات الحكومية والطواريء واستمرار الحفاظ علي الأمان في البنية التحتية الحضرية في وقت الأزمات، لذا تعتبر التطبيقات الفوتوفولتية عنصراً من عناصر الأمن والأمان عند التخطيط العمراني لبناء المدن والمراكز الحضارية في العالم.

يؤكد الكتاب علي أهمية السياسات الحكومية لزيادة الإنفاق علي مصادر الطاقة المتجددة ودعمها ، لكونها تؤدي إلي زيادة فرص العمل، وزيادة النمو الاقتصادي ، وتعطي للحكومات الفرصة للتحكم في سياسات الطاقة ومصيرها.

يجب أن يتم تخطيط السياسات القومية لتعمل تطوير حزمة متكاملة ومتوازنة من مصادر الطاقة المتجددة علي المدى البعيد، مع

التأسي بأمثلة لبعض المدن والسياسات القومية مثل سياسة "إمامية حزمة الطاقة المتجددة" التي تهدف للوصول إلي نسب محددة من الطاقة المتجددة في خلال فترة معينة ، والسياسة الألمانية لتغذية الشبكة بالكهرباء المتجددة Feed-in .

يوضح الكتاب الأهداف التي يقوم عليها السوق حيث يقارن بين الأهداف المبنية علي تشريعات ومعايير ويناقش كلا منها من حيث درجة فعالياتها ، ويوضح أيضا أن المعايير الاختيارية مثل دفع ضرائب إضافية للطاقة النظيفة، والذي يوفر تمويلا لمصادر الطاقة المتجددة، لا يعتبر ضمانا كافيا لتحديث وتطوير صناعات معدات الطاقة المتجددة علي المدى البعيد، كما أنه لا يوفر معيار الثقة للمستثمر،وأن العبء يقع في المقام الأول علي السياسات الحكومية الجادة لكونها القادرة علي دعم وتطوير تلك الصناعات .

ويوضح الكتاب عدم حرية سوق الطاقة وانحيازها لمصادر الطاقة التقليدية حيث يتم حجب الكثير عن تكلفة استخداماتها الحقيقية. وقد تلاحظ أيضا أن المناهج المتبعة لتقدير التكلفة الفعلية لمصادر الطاقة غير دقيقة ، ولا تتوافق مع المناهج الاقتصادية الواقعية المستخدمة في الصناعات المتقدمة، أخذين في الاعتبار مخاطر الإمداد بالوقود، وعدم استقرار أسعاره ، وذلك عند تقييم تكلفة مصادر الطاقة.

يجب علي الحكومات ، وضع مجموعة من الأهداف، والعمل علي تحقيقها، واتباع سياسات حازمة لتحقيق أهداف الطاقة المتجددة، ويجب أن تتضمن آليات تنفيذ هذه الأهداف حزمة متكاملة من السياسات المتوافقة بعيدة المدى تربط وتجمع بين سياسة RPS ، و الدعم المالي المباشر، ودعم مدفوعات إنتاج الطاقة، وتيسير القروض،والإعفاءات الضريبية، وتطوير أدوات وآليات السوق، وإزالة العقبات الحالية، وريادة الحكومة، ونشر الوعي لدي المواطنين.

ويؤكد الكتاب أيضا قدرة الطاقة المتجددة علي المنافسة في الوقت الحالي، وأن تكنولوجياتها قادرة علي زيادة نسبة مساهماتها في إنتاج الطاقة لمستويات ملحوظة علي مستوي العالم أجمع.

يناقش الكتاب دور البحوث والتطوير لكونها مكون هام جدا في كل سياسة قومية للطاقة المتجددة، ويؤكد علي أهمية دعم برامج البحوث والتطوير علي مستوي العالم، وأهمية التعاون مع الدول الأخرى لتفعيل دورها، ولقد كان قرار الاتحاد الأوربي بالموافقة علي تخصيص استثمارات ضخمة لفترة خمس سنوات قادمة في أبحاث الطاقة المستدامة قرارا حكيما ويمثل ٢٠ ضعفاً للإنفاق الذي تم في الخطة الخمسية من ١٩٩٧ إلى ٢٠٠١.

يختتم الكتاب بتقديم سياستين قوميتين كاملتين للطاقة لتوضيح أهمية التكامل بين الاستراتيجيات والحوافز المنفردة ودمجها في منهج واحد وسياسة واحدة بعيدة المدى تعود بمنافع كبيرة .

إن الطاقة الشمسية وطاقة الرياح وطاقة باطن حرارة الأرض وطاقة أمواج البحر ، كل هذه الطاقات سوف تحل محل الوقود الحفري ، وستكمل الفقد في إمدادات الطاقة النووية الذي سينشأ نتيجة انتهاء العمر الافتراضي للمحطات النووية وخروجها من الخدمة تباعا، وسينتج عنها فوائد اقتصادية كبيرة، وتحقق منافع بيئية لكونها غير ملوثة للبيئة ولا ينتج عنها انبعاثات لثاني أكسيد الكربون .

ملخص عن السياسات المطروحة وآليات التنفيذ

- وضع أهداف قومية بعيدة المدى تهدف إلى زيادة أسواق الطاقة المتجددة، مثل ما يسمي في الولايات المتحدة "إمامية حزمة الطاقة المتجددة "

  Rrenewable Portfolio Standards (RPS)

  أو ما يسمي في الاتحاد الأوربي باسم توجهات الطاقة المتجددة والتي تم صياغتها لدعم وتطوير تكنولوجيا الطاقة المتجددة

  EU Renewable Directives

- تطبيق حوافز لإنتاج الكهرباء باستخدام مصادر الطاقة المتجددة وهو ما يعرف في ألمانيا باسم قانون تغذية الشبكة بالكهرباء المتجددة feed-in law .

- تفعيل آليات التمويل مثل إصدار سندات ، وتيسير قروض ذات سعر فائدة منخفض ، ووضع نظام للإعفاءات الضريبية ، ونظام لتشجيع مبيعات الطاقة النظيفة.

- فرض رسوم الانتفاع

  System Benefit Charges

  لدعم الاحتياجات المالية لبرامج البحوث والتطوير ذات النفع العام .

- تفعيل آليات لخفض انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون ، حتى تتزايد قيمة الطاقة المتجددة ويتزايد معها حجم السوق، ولإبراز المنافع البيئية التي تحققها مصادر الطاقة المتجددة.

- تخصيص تمويل محدد من الحكومة لتدبير شراء مستلزمات ومعدات الطاقة المتجددة .

- إزالة الحواجز الاقتصادية والمؤسسية أمام الطاقة المتجددة ، وتسهيل تكامل مصادر الطاقة المتجددة وتوصيلها بالبنية التحتية للشبكات الكهربائية .

- عمل اتفاقيات مبسطة بصورة دورية منتظمة وأتباع إماميات موحدة.

- أتباع آليات اقتصادية متوازنة مثل فرض ضرائب علي التلوث ، وضرائب علي انبعاثات الكربون.

- المساواة في توزيع مبالغ الدعم الخاصة بتكنولوجيا الطاقة وتكنولوجيا البحوث والتطوير ، والذي تحصل فيه الطاقة النووية والوقود الحفري علي اكبر قدر من الدعم.

تمهيـــد : الطاقة الشمســـــية في المـــاضي والحاضـــر والمستقبـل

الطاقة الشمسية طاقة لا تنضب بسبب استمرار تجددها ما دام هذا الكون ، وهي طاقة مأمونة المصدر لا يمكن احتكارها والسيطرة عليها ، وهي طاقة نظيفة صديقة للبيئة، تقوم الأرض والغلاف الجوي بامتصاص الطاقة الشمسية حيث يتم توزيع تيارات الهواء وأمواج المحيطات علي سطح الأرض كلها .

وتعمل الطاقة الشمسية كمحرك لتبخير المياه لإمدادنا بمياه الأمطار النظيفة العذبة، ويستفيد النبات منها في عملية التمثيل الضوئي التي تجري طبيعيا في الأوراق الخضراء للنبات حيث تقوم مادة الكلوروفيل بامتصاص غاز ثاني أكسيد الكربون من الجو ، والطاقة الشمسية هي التي تحفز هذا التفاعل لتساعد النبات علي النمو .

> تحتل الشمس المكانة الأولى لتوفير احتياجات البشرية من الطعام والوقود، وستظل تتبوأ هذه المكانة طالما استمرت الحياة علي هذا الكوكب، فالمجتمعات التي تتقبل هذه الحقيقة سوف تزدهر بينما المجتمعات التي تحاول انكار هذه الحقيقة لمنافع اقتصادية قصيرة المدى سوف تتراجع.

وقد أفاد الإنسان من الطاقة الشمسية المباشرة في أغراض عديدة منذ قديم الزمان مثل، الطهي ، وتدفئة المنازل في المناخ البارد، وقد قدمت الشمس الدعم المستمر للمجتمعات وكانت عاملاً هاماً ومؤثراً في تطور الحياة البشرية، حيث ساعدت علي نقل الإنسان من الحياة في تجمعات صغيرة إلي الحياة علي ضفاف الأنهار التي تغمرها الأشعة الشمسية، حيث استخدم الإنسان هذه الأنهار في الانتقالات، فقام باستغلال طاقة الرياح أحد صور الطاقة الشمسية في تسيير المراكب الشراعية والتنقل بها لاكتشاف القارات البعيدة وربط الحضارات من خلال التجارة والثقافة .

وفي عملية حرق الأخشاب، فان الطاقة الشمسية تستخدم لتحويل الماء إلي بخار يستخدم في تسيير المواصلات وفي الصناعة وفي توفير الحرارة في المنازل ، وهو مثال أخر لتطبيقات الطاقة الشمسية، وبالرغم من أن الاستخدام الواسع للفحم بدأ في النصف الثاني من القرن الـ ١٨ وأن أكتشاف البترول تم في القرن الـ ١٨، إلا أن الخشب كان عصب الطاقة الأولية المستخدمة في جميع الحضارات حتى بداية القرن العشرين، وقد تحولت المجتمعات البشرية في القرن الأخير إلي استخدام الوقود الحفري لتلبية احتياجات الطاقة الأولية ، وليست أنواع الوقود الحفري كالبترول والفحم إلا بقايا من المواد العضوية التي تراكمت منذ ملايين السنين تحت الصخور وتحولت بفعل حرارة الطاقة الشمسية والضغط في باطن الأرض إلي أنواعها ومركباتها الحالية، غير مدركين أنه بمرور الوقت فأن الطاقة الشمسية الموجودة في الغاز والبترول والفحم عبارة عن طاقة شمسية مختزنة في أنسجتها الحية (biomass) والتي لم تأخذ الفرصة في التحلل فتم تخزينها وضغطها لتتحول إلي وقود حفري منذ ٥٠٠ مليون عام . وقد أدي رخص ثمن الفحم في مناجم الفحم والاكتشافات المتتالية لمصادر البترول والغاز إلي ترك وإهمال الطاقة الشمسية وعدم الاستفادة منها في تحقيق فوائد بيئية مثل إضاءة المنازل وتدفئتها ، وبالرغم من أن تسخين المياه بالطاقة الشمسية قد استفيد منه تجاريا علي نطاق واسع في بعض المناطق في بداية القرن العشرين، إلا أنه قد تم إستبدالها بالغاز والكهرباء الرخيصة الثمن، أي انه قد تم إحلال الاستخدامات المباشرة للطاقة الشمسية باستخدامات غير مباشرة عن طريق الطاقة الشمسية المختزنة.

مازلت الطاقة الشمسية تمد العالم كله (وهناك مصادر الطاقة غير الشمسية وهي الطاقة النووية وتساهم بـ ٦,٨ % ، وطاقة حرارة باطن الأرض تساهم بـ ٠,١١٢ % في الطاقة الأولية العالمية حتى عام ٢٠٠٠).

تتعرض مصادر الوقود الحفري إلي الاستنزاف المستمر، وبالرغم من أن تاريخ استخدام البترول والغاز يمكن أن يستمر إلى بداية النصف الأول من هذا القرن، إلا أن الحاجة إلى التحول إلي بدائل مستمرة أصبح ضرورة قصوى وذلك قبل نفاد مصادر الطاقة المختزنة، ويجب أن تبدأ البشرية خطوات تجاه هذا التحول وبطريقة جادة . ونستطيع أن نقول إن هناك حلولاً جاهزة لذلك، وهي مصادر الطاقة المتجددة والتي تتميز بعدة مميزات منها أنها غير ملوثة، ولا تنضب، وتتفق تماما مع النظم البيئية، وتساعد علي توفير فرص العمل، وتتيح الفرصة لصناعات جديدة، وتوفر حجم الإنفاق علي شراء الوقود الحفري، وتساعد علي النهوض باقتصاد الأمم، وهي متوافرة للدول المتقدمة والنامية، ولا يمكن أن تستخدم في صنع الأسلحة.

لقد اعتمدنا علي الطاقة الشمسية المخزونة في الوقود الحفري علي مدي ال ١٠٠ عام الأخيرة ومازال العالم كله يعتمد عليها حتى الآن.

إن هدف هذا الكتاب هو توضيح أهمية التحول من الاعتماد الأكبر علي الوقود الحفري الذي استمر لفترة قصيرة من تاريخ البشرية إلي الاعتماد علي الطاقة المتجددة التي لا تنضب وذلك لما تبقي من تاريخ البشرية الذي لم يكتب بعد.

إطار عمل وأهداف وأبعاد الكتاب

في ضوء الحديث عن الأطر الجديدة التي تؤثر علي السياسة العامة للتحول لاستخدام الطاقة المتجددة فان هذا الكتاب يقدم قدرا وافيا من المعلومات عن كل التطبيقات والسياسات التي تستخدم بوفرة في كل بقاع العالم ولكنها لم تتطور بوفرة إلي أقصي إمكاناتها.

يقدم الكتاب ملخصا عن حال تطور كل تكنولوجيا من تكنولوجيات الطاقة المتجددة ومعدلها ، ويوفر للقاريء كل المعلومات عن الإمكانات الفنية وحال السوق الخاص بكل تكنولوجيا.

تحدث الكتاب أولا عن الطاقة الحيوية وطاقة حرارة باطن الأرض، باعتبارهما القاعدة الأساسية لمصادر الطاقة المتجددة، وذلك لانتشارهما التاريخي الواسع، وكذلك لقدرتهما علي تلبية احتياجات العالم من الطاقة والانتشار في المستقبل ، ويتبع ذلك الحديث عن مصادر الطاقة المتجددة المتقطعة وهي (طاقة الرياح والطاقة الشمسية الحرارية والكهربية).

يوضح الفصل التالي السياسات المتعددة التي تم دمجها لتساعد علي تطوير تكنولوجيات الطاقة المتجددة وتطبيقاتها في العالم كله ، والتعرف علي حزمة الخيارات المتاحة اليوم أمام الحكومات والدول.

لم يتناول الكتاب السياسات المتبعة لتطوير مشروعات الطاقة الكهرومائية ذات القدرات الكبيرة، حيث تم تنفيذ العديد من المحطات الكهرومائية تجاريا علي نطاق واسع، وبالرغم من أهمية هذا المصدر علي مستوي العالم كطاقة متجددة ومستدامة فقد ساهمت بنسبة ٢,٣ % من الطاقة الأولية و١٧ % من إنتاج الكهرباء علي مستوي العالم عام ٢٠٠٠ ، إلا أن الحوار ما زال مستمراً حتى الآن حول أيهما أكثر أهمية ؟ هل المياه التي تنساب بطبيعتها علي طول مجري النهر وما يتبع ذلك من منافع بيئية عديدة للكائنات الحية التي توجد بهذه المياه، أم المياه المخزنة خلف السدود لإنتاج الكهرباء، ومازالت هناك أشكال من هذه الطاقة مثل (Micro-hydro) لها أهميتها علي المستوي المحلي.

> ان المعني الحقيقي للاستدامة يتمثل في استمرارية وتكامل النظم البيئية الشمسية والفيزيائية معا، وإلا ستتعرض المجتمعات البشرية للفناء.

وتلعب الطاقة الكهرومائية دورا هاما من حيث قدرتها علي اختزان الطاقة أكثر من مصادر الطاقة المتجددة الأخري وهذا يزيد من قيمتها في مرحلة التحول للطاقة والمرحلة فيما بعد ذلك، ولكن علي مستوي العالم فان الطاقة الكهرومائية وصلت لذروة تطورها بالفعل .

الطاقة النووية لم يتم تقديمها في هذا الكتاب علي أنها خيار لسياسة واقعية، مع أنها تسهم إسهاما فعالاً وإن كانت صغيرة، حيث ساهمت بنسبة ٦,٨ % من الطاقة الأولية و١٧% من الإجمالي العالمي لإنتاج الكهرباء عام ٢٠٠٠ ، إلا أن هذه النسب اقل بكثير من النسب الخاصة بالإسهامات المتوقعة للطاقة المتجددة في إنتاج الطاقة ، ونظرا لأن خطوات خروج المحطات النووية من الخدمة تسير بمعدلات أسرع من خطوات بناء محطات نووية صغيرة حاليا، فإن هذا الكتاب يتنبأ ببدء التراجع والعد التنازلي للطاقة النووية، وحتى إذا تمكنت من إيجاد مكان لها وسط مصادر الطاقة الأخرى ،فإنه من غير المعقول أن تعلق أمال العالم كله علي مصدر واحد من مصادر الطاقة ، فماذا سيكون الحال إذا فشل هذا المصدر؟

إن دول العالم تشجع وتؤيد التنوع في مصادر الطاقة وبالنسبة للدول النامية فان أهم المصادر للطاقة لديها هي المصادر المتاحة محليا التي تكون في متناول إمكاناتهم ويمكن تطبيقها بنجاح ، الطاقة النووية تفشل في كل هذا ، بينما تنجح الطاقة المتجددة .

وحفاظا علي هدف هذا الكتاب، وهو التعجيل في تطبيق مصادر الطاقة المتجددة واستخدامها والتي يتم استغلالها تجاريا علي نطاق واسع حاليا وسيكون لها أهمية في المستقبل، فإنه لن تتم مناقشة بعض تطبيقات مصادر الطاقة المتجددة الأخرى مثل طاقة المحيطات الحرارية(OTEC)، طاقة الأمواج، وطاقة المد والجزر، بالرغم من أن هذه المصادر ستكون لها مكانة هامة في المستقبل، لتكمل منظومة الطاقات المتجددة التي وهبتها لنا الطبيعة.

الأجزاء القادمة في الكتاب تتحدث عن كل هذه المصادر بالتفصيل وذلك لتوفير قدر كاف من المعلومات عنها ليقرأها صانعو القرارات المثقلون بالأعباء، وصانغو السياسات حتى يقوموا بدعم السياسات المتاحة لديهم وتحديد أهداف واقعية ، وسوف يركز الكتاب علي دعم عملية التحول للطاقة المتجددة .

ويدين هذا الكتاب بالتقدير للأشخاص والمطبوعات ومصادر المعلومات المتعددة التي أسهمت في إخراجه، وتجدر الإشارة بأن الهدف من الكتاب اعتباره جزءاً من سياسة وليس ورقة بحثية، وباستثناء جميع الأشكال التوضيحية ، فإن المادة العلمية لهذا الكتاب تم شرحها دون الإشارة إلي مصادرها المحددة، إلا أن المصادر الرئيسية تم توضيحها بالجزء الأخير من هذا الكتاب .

وحدات الطاقة وأهم الوحدات المستخدمة

من المهم في هذا الكتاب تعريف الوحدات والقيم والمقاييس المستخدمة من اجل التيسير علي القارئ.

ومن المفيد أيضا ربط وحدات الطاقة المستخدمة في كل من النظام المتري والنظام الدولي وهما أكثر نظامين للوحدات استخداما علي مستوي العالم .

ك = كيلو = ألف = $١٠^{٣}$

م = ميجا = مليون = $١٠^{٦}$

ج = جيجا = مليار = $١٠^{٩}$

ت = تيرا = $١٠^{١٢}$

س = أكسا = $١٠^{١٨}$

١ ميجا وات ساعة
= ٠,٠٧٩ طن بترول مكافيء

١ جيجا جول
=٠,٠٢٢طن بترول مكافيء

١ مليون وحدة حرارة بريطانية =
٠,٠٢٣ طن بترول مكافيء

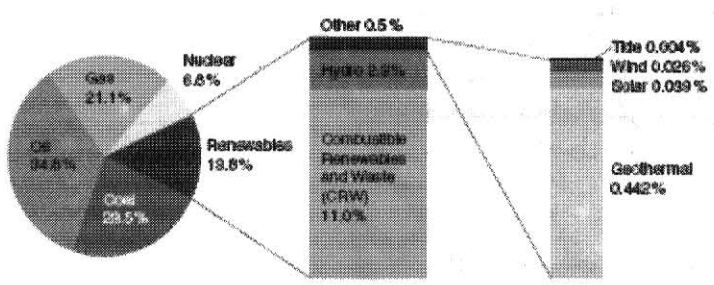
مقدمة : التحول العالمي إلي الطاقة، اتباع المنهج الصحيح

خلال التطور الحضاري للبشرية والمجتمعات والصناعات، أثبتت التجربة أن العالم يحتاج إلى ٦٠ عاما للتحول من الاعتماد علي مصدر واحد من مصادر الطاقة إلي مصدر أو مصادر أخري ، فقد احتاج العالم في بداية القرن العشرين إلي ٦٠ عاما للتحول من استخدام الخشب إلي استخدام الفحم، وأخذ العالم حوالي ٦٠ عاما أخري من عام ١٩١٠ إلي ١٩٧٠ للتحول من الاعتماد كليا علي الفحم إلي الاعتماد الكلي علي البترول والغاز الطبيعي، بالرغم من أهمية الفحم لإنتاج الكهرباء .

ولقد اعتمد العالم علي الوقود الحفري اعتمادا كليا علي اعتبار أنه متاح للأبد ، وعلي اعتبار أن أي تحول في استخدام الطاقة سوف يصبح مهمة الأجيال القادمة مستقبلا وليست مهمة الأجيال الحالية، غير أنه قد ظهرت بالفعل المخاطر البيئية الناتجة عن استخدامه غير المحدود ، وما يسببه ذلك من تأثيرات سلبية علي اقتصاد جميع الدول، وكل هذه السلبيات تؤخذ في الاعتبار عند صياغة سياسات الطاقة في حكومات الدول المتقدمة .

وبالرغم من أن هذا الكتاب يقدم الدليل علي أن مصادر الطاقة المتجددة بدأت تستخدم في التكنولوجيات الحديثة اعتبارا من عام ٢٠٠٠، وبدأت تحتل مكانه هامة في الأسواق العالمية للطاقة ،علاوة علي تأثيرها في إنتاج الطاقة الأولية في العالم ، إلا إنها مازالت تشارك بنسب متواضعة. وإذا اعتبرنا ذلك تلميحا للتحول الكبير القادم في مصادر الطاقة بحلول عام ٢٠٣٠ ، فإننا يجب أن نهيىء أنفسنا لبزوغ عصر جديد لمصادر الطاقة.

ولقد تأخرنا كثيرا في البدء في هذا التحول علي مدار الثلاثين عاما الماضية ، فكان للوقود الحفري الهيمنة علي أسواق الطاقة الزائفة، ويرجع السبب فيها إلي استمرار انخفاض الأسعار للوقود الحفري نتيجة الدعم المستمر من قبل الحكومات، وعدم إدراج التكاليف الاقتصادية الناجمة عن الأضرار الصحية التي تسببها ، لذلك فقد أجلت الحكومات أي بدء في التحول للطاقة المتجددة ، وذلك بسبب المكاسب الناتجة من الوقود الحفري .



شكل (١) : إسهام الوقود في إمدادات الطاقة الأولية العالمية عام ٢٠٠٠. أدى النمو المتزايد لمزارع الرياح لتوليد الكهرباء في الفترة من ٢٠٠٠ إلي ٢٠٠٢ إلي زيادة إسهام طاقة الرياح من ٠,٠٢٦% عام ٢٠٠٠ إلي ٠,٠٤% عام ٢٠٠٢ ، تمثل طاقة الرياح ٠,٧% من إجمالي قدرات التوليد العالمية إلا إنها لا تسهم إلا بنسبة ٠,٢% من الطاقة الكهربائية المولدة لكونها تعمل عند قدرتها القصوي لفترة زمنية ٣٠% فقط، وهذا يوضح إلي أي مدي يجب دعم الطاقة المتجددة غير المائية لكي تشارك بنسبة أكبر في الإنتاج العالمي للطاقة وتوليد الكهرباء .
المصدر: IEA, "Renewables in Global Energy Supply", an IEA Fact Sheet, Nov.2002

إن الدفاع المستمر عن الطاقة النووية في بعض الدول يؤدي إلي تدفق الاستثمارات الضخمة علي تكنولوجيا هذه الطاقة أكثر من الاستثمارات في مجال الطاقة المتجددة في بعض الدول مثل (الولايات المتحدة – فرنسا) مما يؤدي إلي تأجيل التحول لاستخدام الطاقة المتجددة ولكن معظم دول العالم تتحول عن استخدام الطاقة النووية لما فيها من تعقيدات تكنولوجية ، ولكونها غالية الثمن ، وأنها مصدر للمخاطر يستخدمه الإرهابيون كسلاح ضد الدول المنتجة لها ، ويمكن اعتبارها سلاح تدمير شامل في حال الإهمال وعدم أتباع القواعد السليمة في الصيانة والتشغيل مثلما حدث في مفاعل الثري أيلاندز وتشيرنوبل، بالإضافة إلي خطورة مخلفاتها وصعوبة التخلص منها. لذلك فان الطاقة النووية لا تستطيع الوقوف بمفردها في أسواق الطاقة لأنها تحتاج لمبالغ كثيرة من الدعم لتفادي المخاطر الناتجة عنها والتي لا تستطيع توفيرها كل من الدول النامية أو شركات التامين الخاصة، وتعتبر دورة الحياة للطاقة النووية ابتداء من إنشاء المحطة حتى الانتهاء منها محفوفة بالمخاطر البيئية الشديدة حيث ينتج عنها انبعاثات غاز الاحتباس الحراري الشديد الخطورة، لذلك فان الطاقة النووية تعتبر خطرا لابد من مراقبته بحذر شديد .

الوقود النووي غير موجود بوفرة بالقشرة الأرضية، بالإضافة إلي أن هناك طرقاً عديدة أرخص كثيرا جدا لإنتاج الهيدروجين من الطاقة المتجددة بدلا من الطاقة النووية مما يدحض تماما التبريرات الاقتصادية المفترضة لبناء محطات جديدة لتوليد الكهرباء من الطاقة النووية.

الطاقة النووية تكون عملية فقط في حال توافر الاعتبارات الفنية

والاقتصادية والأمنية والبيئية والأخلاقية بالإضافة إلي توافر الوقود . وبالرغم من أن الطاقة النووية سوف توفر قدراً من الطاقة في فترات التحول إلا أنها لن تبقي طويلا خلال هذه الفترة الانتقالية، حيث ستتطور مصادر أخري للطاقة علي مستوي العالم.

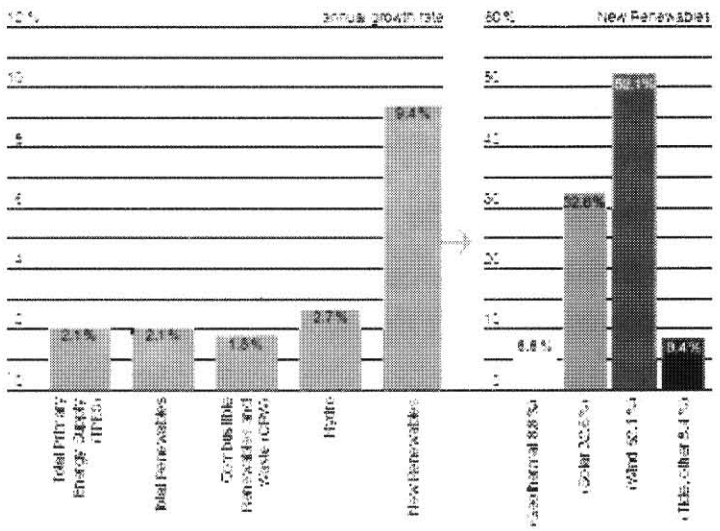
يعتبر التأجيل المستمر في البدء في التحول للطاقة المتجددة أمراً يثير الشك، ويمكن أن يحول دون تحقيق فوائده الاقتصادية. وفي الوقت نفسه فإن وقف التحول لاستخدام الطاقة المتجددة أمر مرهون به استقرار العالم وأمنة حيث أن أنظمة الطاقة المركزية الحالية أصبحت أهدافاً حساسة للإرهاب ، فعلي سبيل المثال، لن تستطيع كندا إمداد الولايات المتحدة بالمزيد من صادرات الغاز الطبيعي التي تحتاجه لسد العجز لديها . وحيث إن الغاز الطبيعي يمثل الاختيار الوحيد لمحطات القوي الكهربائية التي يتم التخطيط لإنشائها في الولايات المتحدة لذلك فان هناك اقتراحات لاستخدام الغاز الطبيعي المسال حيث يتم استيراده وتخزينه مما سيؤدي بدوره إلي رفع أسعار الكهرباء ويزيد من اعتماد الولايات المتحدة علي المصادر الأجنبية ويزيد العجز في ميزان المدفوعات ويقدم للإرهابيين أهدافاً قوية وهي حاويات الغاز الطبيعي المسال ومرافق التخزين.

> يعتبر تأجيل المجهودات العالمية الجادة لبدء التحول للطاقة المتجددة أمر خطير، حيث يقامر بأي أمل للمساواة بين شعوب العالم، وسوف يقامر أيضا بمستقبل أولادنا وأحفادنا، وكيف ستجيب الحكومات غداً هل ستقول لهم إن هذا ما فعلته الحكومات السابقة ، التي لم تهتم بمستقبلكم ولم تفكر في حقوقكم ، وأنها كانت تتصرف علي أساس أن أمن العالم هو أمر غير هام .

الهدف من هذا الكتاب هو استغلال العطاء الضخم والقوة الدافعة الناتجة من تنفيذ سياسات وتطبيقات الطاقة المتجددة علي مستوي العالم ، وذلك لتأكيد وجود جميع المقومات اللازمة لبدء التحول الآن للطاقة المتجددة، وتوضيح المنافع التي نحصل عليها حاليا للإسراع نحو بدء الخطوات الأولي ، وأيضا لتقييم ومقارنة السياسات الحالية واختيار الأكثر فعالية منها للتعجيل بنشر تطبيقات مصادر الطاقة المتجددة.

عناصر هذا التحول موجودة بالفعل وتم اختبارها من حيث الجدوى الفنية ومكانتها في السوق العالمي، لذلك فان الحكومات لن تبدأ شيئا جديداً، إنما ما عليها فقط هو شحذ الهمة السياسة، والتوسع فيما تم تطويره ودراسته واختباره من مصادر الطاقة المتجددة والتي تستعد الآن للازدهار في الصناعة القائمة عليها .

محور هذا الكتاب هو تضافر كافة الجهود عالميا للعمل علي وضع سياسة التحول إلي الطاقة المتجددة في مقدمة أولويات جدول أعمال القضايا المحلية والعالمية بدءاً من الآن. ومن المتوقع أن يستخدم هذا الكتاب كمادة أساسية لتشجيع الحكومات علي تبني السياسات المختلفة الملائمة لها والتي ستسهم تدريجيا نحو التحول إلي الطاقة المتجددة .



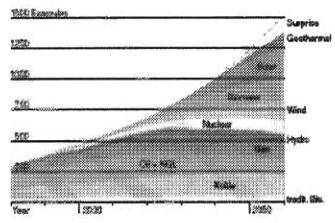
شكل (٢) : متوسط النمو السنوي للطاقة المتجددة منذ عام ١٩٧١ حتى عام ٢٠٠٠، معدل النمو في الطاقة المتجددة يماثل معدل النمو في إجمالي الإمداد بالطاقة الأولية (TPES) في خلال ثلاثون عام .
المصدر: IEA, "Renewables in Global Energy Supply", an IEA Fact Sheet. Nov.2002

عناصر جديدة تدفع السياسة العامة للتحول للطاقة المتجددة

الإنذارات البيئية

أيقن العلماء منذ سنوات عديدة إمكانيات مصادر الطاقة المتجددة ومدي كفاءتها في إمداد المجتمع بالطاقة غير الملوثة للبيئة، وعلي خط متوازي ، حدثت تطورات كبيرة في تكنولوجيات الطاقة المتجددة وأسواقها، بيد إن كل هذه المجهودات لم تتوج بالجدية المطلوبة.

ولم يكن ذلك هو الحال دائما، فمثلا كان الرئيس الأمريكي جيمي كارتر هو أول زعيم في العالم يصرح في عام ١٩٧٦ بأنه سيجعل سياسة الطاقة في مقدمة أولوياته، وقد اطلق عدة برامج قوية للطاقة الشمسية، ولتحسين كفاءة الطاقة ليضع الولايات المتحدة علي بداية طريق "استقلالية الاعتماد علي الطاقة"، ولكن سرعان ما زاغت هذه البرامج وسط المشاكل السياسية، وتعرض للسخرية عندما ظهر في حديث تلفزيوني يرتدي بدلة إمام حريق مندلع، وعادت الولايات المتحدة بسياستها إلي الاعتماد كليا علي مصادر الطاقة التقليدية مرة أخري، وتعتبرالآن من أكثر الدول إسرافا في استخداماتها للبترول وتعتبر اكبر دولة مسئولة عن انبعاثات غازات الاحتباس الحراري وعلي النقيض من ذلك فهناك دول صغيرة طموحة أخذت علي عاتقها الريادة في تطوير تكنولوجيات الطاقة المتجددة وتطوير مبيعاتها والتي ستعود عليها بالفوائد الاقتصادية .



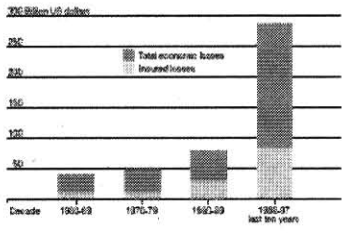
شـــكل (٤) : سيناريو معروف للتحول نحو الطاقة المتجددة قامت بإعداده شركة شل العالمية عام ١٩٩٦ . النمو العالمي للطاقة سوف توفره مصادر الطاقة المتجددة ، وفي وسط هذا القرن فإن أكثر من نصف احتياجات العالم من الطاقة سوف توفرها مصادر الطاقة النظيفة ، هذا السيناريو يوضح أنه من أجل تحقيق هذا التحول فإن مشاركة الطاقة المتجددة وإن كانت صغيرة حاليا ، إلا أنها ستبدأ في البزوغ اعتبارا من منتصف العقد الحالي .

المصدر: Shell International Limited

تغير الموقف تماما الآن عن ما كان عليه في الماضي، وذلك بسبب ظهور التغيرات المناخية نتيجة ارتفاع معدل انبعاثات غازات الدفيئة والتي سيكون لها عواقب بيئية واقتصادية وخيمة لكافة الدول في المستقبل، وبالرغم من أن موجات ارتفاع الحرارة ليس سببها الوحيد الاحتباس الحراري، إلا أنها أدت إلي مقتل ١٩٠٠٠شخص في أوروبا في شهر أغسطس ٢٠٠٣ ، وقد أوضحت تلك الموجات الحرارية مدي المخاطر الشديدة التي يمكن حدوثها في المستقبل .

وقد قام المؤتمر الدولي لتغير المناخ (IPCC) والذي عقد عام ٢٠٠١ بتوضيح تلك المخاطر، وقدم الدليل القاطع علي أن سبب هذه الظاهرة الأنشطة البشرية السلبية ،ولا تكمن الخطورة في ظاهرة الاحتباس والتي تسبب اضطرابات مناخية، وإنما تكمن الخطـــورة في تـــأثيرها السلبي علي تدفق الطاقة علي سطح الأرض ، وقد حذر رئيس المؤتمر من ذلك عندما صرح بقوله (بالرغم من وجود بعض الشكوك العلمية تجاه ظاهرة التغيرات المناخية ، ألا أن معظم العلماء يعتقدون أن أهم أسبابها الممارسات البشرية ، وأن حدوث التغير المناخي حتمي في المستقبل).

توقع تقرير للأمم المتحدة صدر في أكتوبر ٢٠٠٢، بأن الخسائر العالمية الناجمـــة عـــن الكـــوارث الطبيعيـــة تتضاعف كل عشرة أعوام، وتصل التكـاليف التـي تـنجم عـن التغيـرات المناخية إلي ١٥٠ مليار دولار سنويا علـي مـدى العشـر سـنوات القادمـة، وتؤدي هذه التغيرات المناخية القاسية إلـى ضـغوط علـي البنـوك وشـركات التأمين الخاصة قد تصل بها إلـي حد الإفلاس، وتنبأ التقرير أيضا بأن هذه الاحتمالات سوف تصبح أشد خطورة علي الدول النامية وذلك عندما ترتفع مياه البحار، وتجف الأمطار ، ولن تستطيع الدول النامية الوقوف أمام هذه الكوارث البيئية بمفردها وسوف تضـطر للجـوء إلـى الـدول المتقدمـة لتغير من سياساتها بهدف تقليل تلك المخاطر .



شـــكل (٣) : التأثير المتزايد علي الاقتصاد الأمريكي مقدر بالمليار دولار من جراء الكـوارث المناخـية والفيضـانات، تـتحمل شركات التامين حاليا مبالغ طائلة ، وانخفضت التغطية التأمينية علي الحوادث الناجمة عن الفيضانات والأعاصير، مما أدى إلي تعرض المجتمع الأمريكـي إلـى ضـغوط اقتصـادية ناجمة عن التغيرات المناخية.

المصدر: Munich RE Group 1999

تجنب المخاطر

تمثل قضية المخاطر وكيفية تجنبها الدافع الأساسى وراء أي سياسة عامة اليوم، وتمثل التغيرات المناخية خطراً داهماً علي الصعيد البيئي والاقتصادي، وتمثل محطات القوى وخطوط النقل ومحطات المحولات وأنابيب الغاز والبترول أهدافاً جاذبة للأعمال الإرهابية ، لذلك فإن توزيع تكنولوجيا ومصادر الطاقة المتجددة في وحدات صغيرة وفي أماكن متفرقة، سوف يؤدي إلى عدم تمكن الإرهابيين من استهداف تلك المواقع وبذلك يتحقق عنصر الأمن في الطاقة عن طريق تكامل جميع مصادر الطاقة في شبكة واحدة ، حيث إذا انهارت إحداها فسوف تؤثر تأثيرا يسيراً علي الأخرى أو علي شبكة الطاقة ككل، ولن يؤدي تفجير بعض القنابل إلى انهيار شبكات الطاقة وبالتالي تضرر اقتصاد المجتمع بالكامل.

كذلك فإن المخاطر يمكن أن تنتج من نظام تصميم شبكات الطاقة واستخدام مكونات غير موثوق فيها، وهذا ما حدث في الولايات المتحدة في أغسطس عام ٢٠٠٣ عندما حدث عطل في محطات توليد الكهرباء وفي شبكات التوصيل، انتقل من واحدة للأخرى مثلما تتساقط أجزاء لعبة الدومينو وبدأ في الساعة الثانية بعد ظهر يوم ١٤ أغسطس وفي خلال ساعتين ونصف كانت خمسة خطوط توصيل كبري و٣ محطات توليد بالفحم ،و٩ محطات توليد بالطاقة النووية ومحطة التحكم الكهربي الرئيسية قد توقفت تماما. تلي ذلك توقف أكثر من ١٠٠ محطة توليد قوي منها ٢٢ محطة نووية في الولايات المتحدة وكندا، وعاشت ٨ ولايات أمريكية ومقاطعتان في كندا وحوالي ٥٠ مليون أمريكي وكندي في المنطقة الممتدة من ولاية نيويورك في الشرق إلي دترويت في الوسط الغربي إلي ترونتو وكندا في الشمال في ظلام حالك، وفي خلال هذين اليومين وصلت الخسارة من ٥ إلي ٦ مليارات دولار أمريكي .

وكان رد فعل الرئيس الأمريكي الدعوة إلى ضرورة تطوير الشبكات القومية المتهالكة ، ولكن العلماء نظروا إلي ما حدث بنظرة أعمق علي انه إشارة إلى فشل الأنظمة المركزية المتصلة، ودعوا الحكومات إلى ضرورة التنوع في توزيع مصادر الطاقة في الشبكة، وقد قامت الجريدة الأمريكية العريقة وول ستريت بعد ذلك بأربعة أيام بنشر مقالة علي الصفحة الرئيسية عنوانها (تقوية شبكات الطاقة) ، وفي المقابل فقد أبدي الكونجرس الأمريكي عن نيته في رفض استثمار أي مبلغ من المال في تطوير وتنويع وتوزيع انظمه الطاقة إلا أن عدم التفكير في ذلك سيؤدي إلي خسائر مالية كبيرة. بعد ذلك بشهر واحد حدث نفس الشيء في إيطاليا ، حيث مكث ٥٨ مليون إيطالي بدون كهرباء ، نظراً لحدوث مشكلة في شبكة الكهرباء المركزية المتصلة ، مما أدي إلى انقطاع الكهرباء عن الدولة بأكملها، ولولا حدوث هاتين الحادثتين لما كان من الممكن توضيح أهمية نظام التوزيع المتنوع لأنظمة الطاقة .

وهنا يطرح السؤال نفسه ، أيهما أفضل للاقتصاد ، الخسائر التي تقضي عليه أم التكنولوجيا التي تقويه؟ إن الاستمرار في الاستثمار علي قطاعات توزيع الطاقة وإنتاجها لن يقلل من مخاطر الأنظمه المركزية ، ولكن يؤدي الاستثمار في توزيع أنظمة الطاقة بطريقة لامركزية إلى تقليل المخاطر بشكل واضح وزيادة الأمان والثقة في البنية التحتية ،وتقليل الخسائر الاقتصادية المستقبلية الناتجة عن فشل النظام، كل هذا يجب أن يؤخذ في الاعتبار عند تقدير تكلفة أنظمة الإمداد بالطاقة.

تمتد المخاطر إلي أبعد من مشكلة توزيع الطاقة في الشبكات إلى مشكلة أخرى، وهي أننا حتى الآن لم نعرف متي يتزايد استهلاك العالم من البترول عن الإنتاج الفعلي وعندما يحدث هذا (ربما في وقت قريب في هذا القرن) سوف يتغير مسار اقتصاد مصادر الطاقة، وسوف يؤدي إلي التنافس العالمي علي تلك المصادر .

وكما نري الآن فإن بعض الدول تحارب دولا أخري من أجل مصادر البترول، وبذلك يتعرض الاستقرار العالمي والسياسي وكذلك السلام العالمي إلي التهديد ، كما أن هناك بعض الدول تهدد باستخدام الوقود النووي في تصنيع أسلحة الدمار الشامل . وبدون قيادة الدول المتقدمة في التحول عن هذه الطرق التدميرية فسوف يمثل هذا خطورة علي مستقبل العالم بأكمله.

الفرص المتاحة للحكومات

يمثل فشل السياسة القومية للطاقة خطراً جسيماً علي الاقتصاد القومي ، وتظهر تكاليف الطاقة في كل ضرورات حياتنا وفي الأسواق العالمية والمحلية والمجتمعات التي تستطيع تصنيع وبيع وتصدير منتجاتها بتكلفة أقل.

الدول التي تنجح في استقرار تكاليف الطاقة بها، وتستطيع أن تفصل بين أنشطة السوق الداخلية والخارجية، سوف تتمتع بامتيازات أكبر في أسواق العالم، وكذلك الدول التي تستطيع تحويل تكاليف استيراد الوقود إلى دعم لفرص العمل عن طريق زيادة كفاءة الطاقة المتجددة وزيادة الصناعات القائمة عليها، وتغير من تكلفة الطاقة وتحولها إلى حافز اقتصادي.

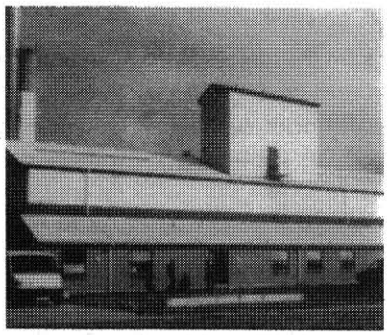
وعندما تدرك الحكومات تلك المخاطر، وتلك الفوائد الناتجة عن استخدام الطاقة المتاحة وغير الملوثة للبيئة ، فسوف نستطيع أن نقول بثقة إن هذه الدول سوف تكون الأكثر أمانا والأقوى اقتصاديا علي الإطلاق خلال هذا القرن، ولكن التباطؤ في الأخذ بسياسات الطاقة المتجددة سوف يكون له مخاطر اقتصادية وسياسية عظيمة.

كل هذه الأسباب كانت القوي المحركة لسياسة التطوير التي انتهجها الإتحاد الأوروبي حيث أبلي بلاء حسنا ونجح في تقليل انبعاثات غازات الاحتباس الحراري بالرغم من صعوبة تحقيق ذلك في بعض دوله .

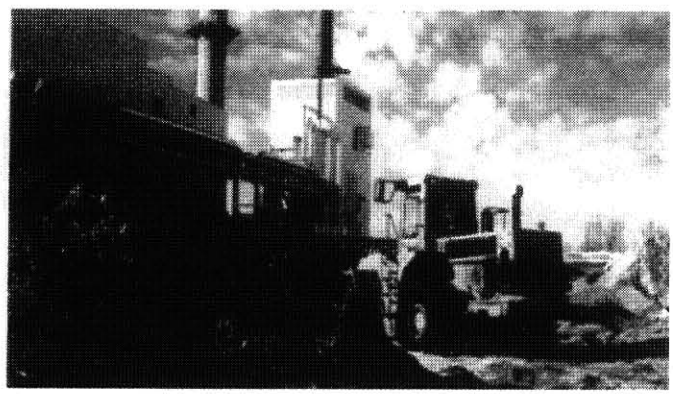
ولكن سرعان ما جني الاتحاد الأوربي ثمار مشاركة الطاقة المتجددة في الطاقة، وتحسين كفاءة استخدام الطاقة، وتتلخص في تفادى المخاطر، واستقرار الأسعار ، وزيادة فرص العمل ، وتحقيق العديد من المنافع الاقتصادية الأخرى.

وقد استفادت دول عديدة بالاتحاد الأوربي من تلك المزايا، ومازالت هناك حاجة إلي توفير الدعم المالي لزيادة استخدام الطاقة المتجددة ، حتى تستطيع منافسة مصادر الطاقة التقليدية الأخرى (التي يتم تقديم الدعم الضخم لها).

إذا تم حساب التكلفة الخارجية لتطوير مصادر الطاقة التقليدية، وأتباع نظام (إدارة الأزمات) في مصادر الطاقة ،وحساب أسعار الطاقة التقليدية المستقبلية على أساس التكلفة بعيدة المدى وصافى القيمة الحالية ، فنستطيع القول إن مصادر الطاقة المتجددة تعتبر أرخص من مصادر الطاقة التقليدية ، بالإضافة إلى فوائدها لكل من المجتمع والاقتصاد والبيئة.



شكل (٥ب) : محطة توليد القوي نظام استعادة الحرارة المفقودة (CHP) تستخدم الخشب كوقود وتخدم ٣٠٠ عائلة في الدنمارك
Photographed by Dr. Donald Aitken



شكل (٥أ) : استخراج الطاقة الحيوية من مخلفات الأخشاب
المصدر: U.S. National Renewable Energy Laboratory (NREL)

خصائص مصادر الطاقة المتجددة ومراحل تطورها وإمكاناتها

الطاقة الحيوية (Bioenergy)

من المعروف أن الطاقة الشمسية كانت ولا تزال هي العامل الأساسى لتوفير احتياجات الجنس البشري من الطعام والوقود . ففي عملية التمثيل الضوئي التي تجري طبيعيا في الأوراق الخضراء للنبات يتم اتحاد الماء وغاز ثاني أكسيد الكربون الجوي، وتقوم المادة الخضراء المسماة بالكلوروفيل بامتصاص الغاز من الجو والطاقة اللازمة لإحداث هذا التفاعل من الإشعاعات الشمسية المحيطة بها، وتتكون المواد الكربوهيدراتية التي تتحول بعد ذلك إلي تفاعلات أخري طبيعية إلي الدهون والبروتينات اللازمة لنمو النبات وإثماره، وليس أنواع الوقود الحفري من البترول والغاز إلا بقايا من المواد العضوية التي نتجت عن هذه التفاعلات أو الكائنات العضوية الأخرى التي تغذت بها، تراكمت منذ ملايين السنين تحت الصخور الرسوبية المتراكمة وتحولت بفعل الحرارة والضغط في باطن الأرض إلي أنواعها ومركباتها الحالية.

يطلق مسمى الطاقة الحيوية على الاستخدامات الصناعية والاجتماعية للكتلة الحيوية، وهناك العديد من الاحتمالات التي توضح أن النسبة الكبري في حزمة الطاقة المتجددة ستكون من الطاقة الحيوية ، وهذا يعلل اختيارها كمقدمة في هذا الكتاب، ويرجع ذلك إلي تطبيقاتها الكثيرة في الدول النامية والصناعية والتي تشمل : التسخين المباشر ، والطهي، وإنتاج الكهرباء، والمنتجات الكيميائية ، وتعتبر الكتلة الحيوية متوفرة في كل مكان باستثناء المناطق الصحراوية (التي تتعرض لضوء الشمس المباشر)، والمناطق التي بها معدل سرعات رياح عالية (Arctic and Antarctic) ، وهي طاقة هامة جدا لدعم أنظمة الحياة بالدول النامية حتى الآن، وفي الدول الصناعية انخفضت نسبة الطاقة الحيوية بالنسبة للطاقة الأولية منذ عام ١٨٠٠، ولكن هذه النسبة تزايدت في الولايات المتحدة فأصبحت ٨٥% من الطاقة الأولية تأتى من الطاقة الحيوية عام ١٨٦٠، وانخفضت النسبة عام ١٩٧٣ لتصل إلي ٢,٥%.

فى عام ١٨٦٠ كان الوقود الخشبي مصدراً هاماً لإنتاج الطاقة للاستخدامات المنزلية والتنمية الصناعية ،ولكن في عام ١٩١٠ حل محله الفحم،وبعدها البترول والغاز الطبيعي، وقد توقف استخدام الطاقة الحيوية في الحياة الاقتصادية والصناعية لبعض الوقت وعاد مرة أخري لأسباب عديدة من ضمنها: التطور الاقتصادي، وحماية البيئة في الدول الصناعية.

وتعتبر الطاقة الحيوية المصدر الوحيد القابل للاحتراق ولا ينتج عنه انبعاثات لغاز لثاني أكسيد الكربون(Carbon neutral) ،لذلك فهي لا تسهم في مشكلة التغيرات المناخية أو غازات الاحتباس الحراري، وقد أثبتت التجربة أن غازات الاحتباس الحراري الناتجة من الكتلة الحيوية أقل من تلك المنبعثة من احتراق الوقود الحفري أو الغاز، حيث أوضحت التجارب أن احتراق الكتلة الحيوية لا ينتج عنه انبعاثات مثلما يحدث في الفحم.

الطاقة المأخوذة من الكتلة الحيوية لها فوائد عديدة فى المجتمعات الصناعية الحديثة، علي سبيل المثال فإن الطاقة الشمسية المختزنة بطريقة مستمرة تنطلق عندما تستخدم كوقود فى المركبات، أو عندما تستخدم فى إنتاج الحمل الأدنى للكهرباء (base load). وهذه الخاصية جعلت الطاقة الحيوية تلعب دور (الميزان) عندما تستخدم في نظام مزدوج (Hybrid) مع مصادر الطاقة المتجددة المتقطعة، مثل الشمس و الرياح. وتؤدى ملكية محطات الطاقة الحيوية بواسطة العاملين فيها إلي فوائد اقتصادية وإيرادات عظيمة، وقد أوضح تقرير صدر مؤخراً أن ٥٠% من المستثمرين أصحاب مزارع الرياح في ألمانيا يستخدمون مصادر الوقود الحيوي كمصدر احتياطي لإنتاج الطاقة من التوربينات الهوائية.

يمكن استخدام الفحم مع الكتلة الحيوية وذلك لخفض انبعاثات غازات الاحتباس الحراري التى تنبعث عند إنتاج الكهرباء من احتراق الفحم ، ويمكن تحويل مصادر الكتلة الحيوية إلي وقود سائل مما يدعم اقتصاديات الريف .

فى حالة مضاعفة استخدام الطاقة الحيوية فى الولايات المتحدة عام ٢٠٢٠ بمقدار ٣ أضعاف، فمن المتوقع تحقيق إيراد قدره ٢٠ مليار دولار أمريكي يمكن استغلاله فى دعم اقتصاد الريف.

يؤدى تحويل الكتلة الحيوية إلى وقود حيوي ومنتجات حيوية إلى توفير فرص عمل جديدة ، وفى الولايات المتحدة قدر حجم الدخل الناتج من استخدام الكتلة الحيوية فى إنتاج الكهرباءفي الفترة من ١٩٨٠ إلي ١٩٩٠ بمبلغ ١,٨ مليار دولار، وتم توفير ٦٦٠٠٠ فرصة عمل جديدة، وقدرت الاستثمارات في تلك الفترة بمبلغ ١٥ مليار دولار.

تقاس كفاءة الطاقة الحيوية بالكمية المطلقة للطاقة الحيوية التي يتم استخدامها، ترتفع الكفاءة بدرجة كبيرة عندما تستخدم الطاقة الحيوية مع تطبيقات الدورة المركبة للحرارة والقوي (CHP) ، والتي من خلالها يتم استخلاص أعلى معدل للطاقة من احتراق الكتلة الحيوية أو الغاز الحيوي واستخدامه في إنتاج الكهرباء، ويتم استخدام الحرارة المتبقية فى التطبيقات الحرارية الأخرى مثل تدفئة المنازل و هو ما يطلق عليه فى أوروبا "تدرج" الطاقة (Cascading).

> تعتبر إمكانات الطاقة الحيوية أكبر بكثير من الاستخدامات الحالية، حيث إنها تفتح آفاقاً اقتصادية جديدة، ولها فوائد بيئية ، ومتوافرة ولا يخشى من محدوديتها . ويجب على الحكومات وضع البرامج التى تساعد على الاستعانه بهذه الطاقة التى تستطيع أن تفى باحتياجات العالم من الطاقة وكذلك تسهم في التحول نحو الطاقة المتجددة .

وعلي سبيل المثال فإن الدنمارك ، استجابت لسياسة حكومية جديدة تهدف إلي ترويج نظام الدورة المركبة (CHP) ، في الوقت الذي لم يكن توجد خلاله أية محطة لتوليد الكهرباء تعمل بنظام (CHP) ، في خلال فترة ١٠ سنوات وبحلول عام ٢٠٠٠ تم تحويل ٤٠% من محطات الكهرباء في الدنمارك لتعمل بهذا النظام ، بالإضافة إلي وجود ١٨% من محطات الكهرباء تتم إدارتها باستخدام طاقة الرياح، وتم إضافة وصلة (BYPASS) إلي الغلايات والسخانات المنزلية لتسمح بمرور المياه الساخنة والقادمة إليها من محطات توليد الحرارة والقوي الجديدة والمملوكة للمقاطعة، كما تستخدم مخلفات المحاصيل الزراعية ، كقش الأرز، كوقود.

فنلندا ، ٢٠% من إجمالي استهلاكها من الطاقة الأولية يأتي من تحويل الطاقة الحيوية لمخلفات الأخشاب، واستخدامها في تطبيقات نظام الدورة المركبة (ICE)، ويوجد نموذج رائد لاستخدامات الطاقة الحيوية في مدينة جواسكيلا بفنلندا من خلال محطة توليد قوي قدرتها ١٦٥ ميجا وات تستخدم كلاً من الغاز والخشب كوقود وتنتج حوالي ٦٥ ميجاوات كهرباء ، وباقي القدرة الحرارية المتبقية تستخدم في تدفئة المباني، والصوب الزراعية لمساعدة المحاصيل الزراعية علي النمو في هذا المناخ البارد عند خط عرض ٦١ درجة شمالا، وقد أكدت الدراسات الخاصة بتلك المحطة أن معدل نمو الأخشاب بالغابات القريبة من المحطة يفوق معدل استهلاك المحطة من الأخشاب المستخدمة كوقود، وتؤدي كل الاعتبارات الاقتصادية والبيئية والاجتماعية إلي الاتجاه بشدة نحو استغلال المزيد من الطاقة الحيوية من خلال تكنولوجيات أكثر فعالية مثل إنتاج غاز البيوجاس واستخدامه في أنظمة الدورة المركبة المتكاملة للغاز (IGCC) ، حيث قامت فنلندا ببناء أكبر محطة رائدة في العالم من هذا النوع وتعمل بكفاءة منذ أكثر من ٦ سنوات.

الهند يوجد بها برنامج دعم حكومي لإنشاء محطات صغيرة (GASIFIER) لمحركات الاحتراق الداخلي (ICE) تصل قدرتها الإجمالية إلي عدة ميجا وات، ومازالت البرازيل أكبر دولة في العالم إنتاجا للإيثانول من قصب السكر، في الوقت الذي تنتج فيه الولايات المتحدة الأمريكية الايثانول من الذرة بكميات تعادل ٧٠% من إنتاج البرازيل، وقد تلحق بالبرازيل

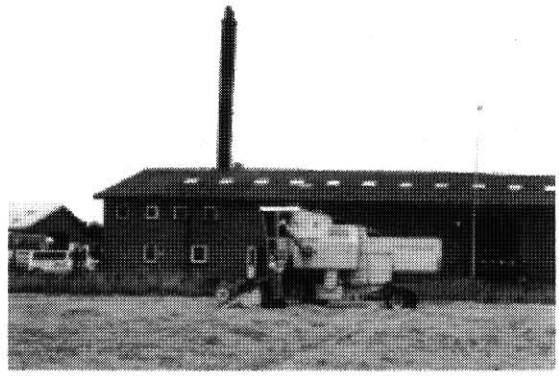
قريبا لتتساوي معها في إنتاج الايثانول كنتيجة للسياسة الحكومية الأمريكية التي تشترط مراعاة الاحتراق الأنظف لخليط الوقود.

يدعم الاتحاد الأوربي برامج تحسين كفاءة الطاقة لمحركات الديزل ويهتم برعاية مشروعات إنتاج البيوديزل (من المحاصيل الزيتية) ، كما يهتم أيضا بتطوير المحركات ذات الاحتراق الأنظف. والمصروفات التي كانت تخصص لشراء الوقود التقليدي أو لشراء واستيراد أجهزة التحكم في الانبعاثات الناتجة عن احتراق الوقود أمكن تحويلها إلي استثمارات تخصص لخلق فرص عمل جديدة ودعم الاقتصاد المحلي والإقليمي (هذا الكتاب سيثبت أن هذه حقيقة لجميع مصادر الطاقة المتجددة الأخرى) .

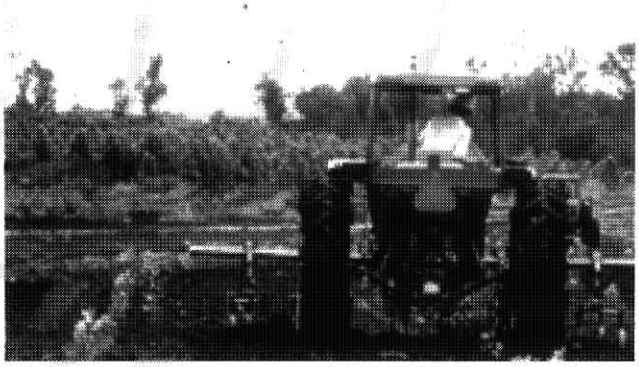
مع كل هذه الفوائد الاقتصادية والبيئية الواعدة للطاقة الحيوية ، فما وضعهما الآن؟، وكيف ستصبح إذا توافر لها الدعم الحكومي القوي ؟

أشارت ٣ تقديرات حديثة إلي أن إجمالي الطاقة الحيوية المستخدمة حاليا في العالم يقدر بحوالي ٤٦ اكساجول ، ٨٥% منها تستخدم الأخشاب كوقود يتم حرقه والنسبة الباقية ١٥% تستخدم في أغراض صناعية مثل الدورة المركبة للوقود والحرارة (CHP) والكهرباء . إذا نظرنا من خلال منظور أكبر ، نجد أن إجمالي الطاقة الأولية المستهلكة في العالم عام ٢٠٠٠ قدر بحوالي ٤١٧ اكساجول وهذا يعني أن ١١% من استهلاك العالم من الطاقة الأولية كان من مصادر الطاقة الحيوية. ويوجد سؤال اخر ألا وهو إلي أي مدي يمكن للطاقة الحيوية أن تلعب دورا فعالا في منظومة التحول للطاقة المتجددة ؟

مصدر خامات الكتلة الحيوية التي يتم تحويلها إلي طاقة حيوية تأتي من الأخشاب ومخلفات الغابات، ومخلفات المحاصيل الزراعية، ومخلفات الإنسان والحيوان، والمخلفات البلدية الصلبة، وبالرغم من أنه يمكن توقع الإمكانات المستقبلية للطاقة الحيوية بدرجة من الثقة، إلا أنه توجد درجة من عدم التيقن حول الطرق المتعددة لجمع خامات الكتلة الحيوية وتنميتها، وعدم وضوح الرؤية حول السياسات والأفضليات المستقبلية والتي ستؤثر بعمق علي هذا المصدر من مصادر الطاقة المتجددة . وعلي سبيل المثال فإن الإمكانات الكبيرة لمصادر الطاقة الحيوية تعتمد علي تنمية واستغلال المزيد من الأراضي الزراعية، وإن كان التوسع في استصلاح وزراعة المزيد من الأراضي يعتمد علي طرق وأساليب الزراعة المتبعة مستقبلا(هل تحتاج



شكل (٦ب) : محطة توليد القوي نظام استعادة الحرارة المفقودة (CHP) تستخدم القش كوقود وتخدم ٣٠٠ عائلة في الدنمارك
Photographed by Dr. Donald Aitken



شكل (٦أ) : مزارع يستزرع محاصيل زراعية تستخدم في إنتاج الطاقة
المصدر: U.S. National Renewable Energy Laboratory (NREL)

الأراضي إلي المزيد من الكيماويات ومصادر الطاقة أم أنها تعتمد علي أساليب زراعية محدودة التأثير علي البيئة المحيطة بها) ؟.

ويعتمد علي مدي الاحتياج البشري للمحاصيل الزراعية كغذاء له، وهذا العامل الأخير يتوقف علي معدل التزايد العالمي لتعداد السكان ومعدلات استهلاكه التقريبية للغذاء (مجتمع أكول /نظام غذاء معين رجيم مثلا). كل هذه العوامل تؤدي إلي احتمالين، الأول وفرة الأراضي الزراعية التي يمكن استخدامها كمصدر للطاقة الحيوية ، والثاني هو عدم وجود أراضي زراعية علي الإطلاق يمكن تخصيصها لهذا الغرض.

هناك تحليلات دقيقة اعتمدت علي افتراضات متفائلة بتحفظ وواقعية، تنبأت بأن إجمالي مصادر الطاقة الحيوية عام ٢٠٥٠ سيقدر بحوالي ٤٥٠ اكساجول(١٠,٨جيجا طن بترول مكافئ) وهو يفوق الإنتاج العالمي لمصادر الطاقة الحيوية حاليا، إلا أنه يمكن أن يكون صفراً أو ضعف هذا الرقم تبعا لسيناريو تزايد عدد السكان والذي تم ذكره في الفقرة السابقة .

وقد تم تحديد أهداف الطاقة الحيوية علي مستوي العالم وطرق دعم الأنشطة الجديدة لها، وقد أفاد تقرير بأن إجمالي الطاقة المنتجة من استخدامات الطاقة الحيوية عام ٢٠٢٠ سيصل إلي ٥٥ جيجا وات في أوروبا فقط.

صدرت في الولايات المتحدة الأمريكية حديثا وثيقة "الرؤية المستقبلية للطاقة الحيوية" والتي حددت نسبة مساهمة الطاقة الحيوية في القطاعات المختلفة لعام ٢٠٢٠ كالاتي: ٥ % لإنتاج الكهرباء وعمليات التسخين الصناعي، ٢٠% لوقود مركبات النقل، ٢٥% للإنتاج المزدوج للسلع الكيماوية.

أما في استراليا وتايلاند فقد تم الإعلان عن محطات طاقة حيوية لتوليد الكهرباء بقدرات تتراوح من ٣٠ إلي ٤٠ ميجاوات.

وتدرس بريطانيا حاليا مشروع إنشاء محطات تعمل بنظام الدورة المركبة تستخدم مخلفات المحاصيل الزراعية والغابات.

خصصت الحكومة الفنلندية عام ٢٠٠٢ دعما استثماريا قيمته ٤٠%، ليفتح باب الربح المجزي أمام المستثمرين عند قيامهم بإنشاء محطات توليد قوي صغيرة بنظام الدورة المركبة والوقود المزدوج ، وهذا الدعم الاستثماري ضرب هدفين برمية واحدة كما يقال ، لكونه سيحقق منفعة ثانوية تتمثل في زيادة ربح أصحاب المصانع التي تنتج ماكينات قص ونشر وتهذيب مخلفات المحاصيل الزراعية .

تفيد أحد السيناريوهات، بأن إجمالي مصادر الطاقة الحيوية عام ٢٠٥٠ والذي يقدر بحوالي ٤٥٠ اكساجول ستمثل حوالي ١٥% من إجمالي استهلاك العالم للطاقة الأولية ، والذي سيكون قد تضاعف بنسبة ٥٠٠ % من معدل الاستهلاك الحالي العالمي.

رؤية هذا الكتاب الأبيض، هي أن منظومة تحول العالم إلي الطاقة المتجددة ستتحقق عندما تصبح نسبة مساهمة مصادر الطاقة المتجددة ٥٠ % من إجمالي مصادر الطاقة الأولية في العالم عام ٢٠٥٠، ستسهم فيها الطاقة الحيوية بما لا يقل عن ثلث هذه النسبة .

إن تنمية استخدام مصادر الطاقة الحيوية مثلها كمثل باقي مصادر الطاقة المتجددة ، ستزداد عندما نتحقق من أن تكلفتها قد تحولت إلي منافع اقتصادية تسهم في دعم الاقتصاد وتقويته، والطاقة الحيوية خير مثال علي ذلك في مجال خلق فرص عمل جديدة بالمجتمعات الزراعية والريفية.

صدر تقرير عام ١٩٩٢ يفيد بأن صناعات الأخشاب وخامات الكتلة الحيوية، وفرت ٦٦ ألف فرصة عمل جديدة وأنها سترتفع إلي ٢٨٤ ألف وظيفة جديدة بحلول عام ٢٠١٠ ، إذا تم تسويق المحاصيل الزراعية المستخدمة في إنتاج الطاقة الحيوية وتكنولوجياتها بالولايات المتحدة.

وتسهم أيضا الطاقة الحيوية في حفظ توازن الكربون علي سطح الأرض، (وتجنب الدول سداد ضريبة الكربون التي سيتم فرضها مستقبلا)، وستسهم في الحفاظ علي مصادر التنوع الحيوي عن طريق توفير نظم بيئية مناسبة لمعيشة بعض فصائل الطيور والحيوانات.

عندما يتم حساب وتجميع كل هذه المنافع والمزايا علي مستوي الإقليم والمدينة والريف، وعندما يتم النظر إلي تكاليف الطاقة الحيوية من منظور المنافع الكلية التي تحققها بيئيا واقتصاديا ، فسوف يتضح أنها هي ومصادر الطاقة المتجددة الأخرى أكثر توفيرا من مصادر الطاقة التقليدية .

طاقة حرارة جوف الأرض (Geothermal energy)

استغل الإنسان الطبيعة لراحته منذ بدء الخليقة، وليس هنالك ما يدعو إلي الدهشة والغرابة إذا علمنا بوجود بعض الآثار القديمة بالولايات المتحدة يرجع تاريخها إلي عشرة آلاف عام مضت، يستدل منها أن سكان أمريكا الأصليين كانوا يستمتعون بمصادر ينابيع المياه الساخنة التي تضخ طبيعيا إلي سطح الأرض، ومن المعروف أيضا أن كلا من الرومان والإغريق كانوا يفيدون من هذه المصادر منذ ٢٠٠٠ عام مضت، ويوجد بمدينة شودسيجوس بفرنسا أول نظام لتسخين المياه من باطن الأرض تم تركيبه في القرن الرابع عشر وما زال يعمل حتى الآن .

بدأ استخراج المياه المعدنية الموجودة بباطن الأرض منذ عام ١١٧٥، وبدأ استخلاص العناصر الكيميائية الموجودة بالمياه في بداية القرن التاسع عشر، مما أدي إلي ظهور صناعة مرتبطة بهذا النشاط بمدينة لرديرلو بإيطاليا والتي بها أكبر مصدر لطاقة حرارة الأرض وأكثرها ارتفاعا في درجة حرارة المياه بقارة أوروبا .

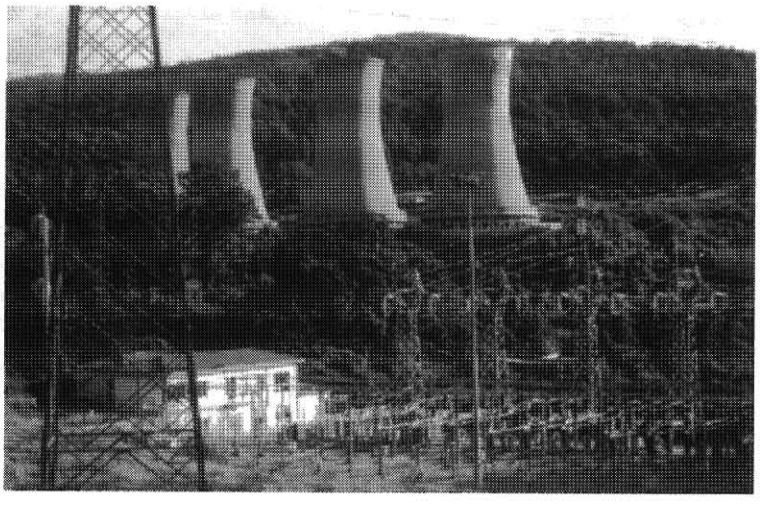
قام الأمير جينوري كوننى في ١٥ يوليو ١٩٠٤، بتصميم أول محطة لإنتاج الكهرباء باستخدام بخار حرارة باطن الأرض ، وتم بناء أول محطة بقدرة ٢٥٠ كيلووات بمدينة لرديرلو بإيطاليا عام ١٩١٣ وتم تشغيلها في عام ١٩١٤ لتوليد الكهرباء اللازمة لمصنع كيميائي وللعديد من القرى المجاورة في مقاطعة تسكاني بإيطاليا، وحاليا ينتج المصدر الحراري بمدينة لرديرلو ٤٠٠ ميجاوات من الطاقة الكهربية.

ولأن الوقود الحفري كان شيئا مبهرا في بداية القرن الماضي فقد حدث ركود مدته ٤٥ عاما قبل البدء في بناء محطات توليد كهرباء بطاقة باطن الأرض، أنشأت نيوزيلندا المحطة الأولي عام ١٩٥٨ ، تلتها المكسيك ببناء محطة تجريبية عام ١٩٥٩ فالولايات المتحدة عام ١٩٦٠ في منطقة جيسيرس شمال سان فرانسيسكو .

لا تتوافر هذه الطاقة بجميع دول العالم إلا أنها توجد في ٦٧ دولة، منها ٢٣ دولة تستخدمها في إنتاج الكهرباء ، لذلك فهي تعتبر منتشرة بالرغم من عدم توافرها بكل الدول، ونظرا لكونها ثاني أكبر مصدر من مصادر الطاقة المتجددة بعد الطاقة الحيوية (باستثناء الطاقة الكهرومائية) لذا فقد تم عرضها في هذا الكتاب الأبيض كثاني مصدر للطاقة المتجددة بعد الطاقة الحيوية .

هل تعتبر الطاقة الحيوية مصدراً من مصادر الطاقة المستدامة ؟ تعتبر محطة جيسيرس أكبر موقع لإنتاج الكهرباء في العالم من طاقة باطن الأرض حيث تصل قدرتها إلي ٢٠٠٠ ميجاوات ، وقد أدي توليد طاقة كبيرة بهذه الضخامة إلي استنزاف أبار البخار (steam wells)

بمعدل أسرع من سريان مصدر إمداد المياه إلي باطن حرارة الأرض مما أدي إلي خفض قدرة المحطة إلي ١٠٠٠ ميجاوات، ولمواجهة هذه المشكلة سيتم قريبا ضخ ٣٤٠ لتر/ثانية(٥٤٠٠ جالون/دقيقة) من مياه الصرف المعالجة بمدينة سانتاروزا والتي تبعد حوالي ٤٨ كم عن موقع المحطة ليتم حقنها إلي جوف المصدر الحراري بالموقع ، وجاري حاليا تنفيذ مشروع إعادة تدوير مياه الصرف والذي يصب في بحيرة كاونتي والذي من المتوقع له أن يزيد قدرة المحطة بإضافة ٧٠ ميجاوات لها، وتجدر الإشارة إلي أن الطاقة الكهربية المولدة والناتجة عن حقن مياه الصرف المعالجة بجوف المصدر



شكل (٧) : أول موقع لإنتاج طاقة باطن الأرض في مدينة لرديرلو بإيطاليا، تم تجربة استخدام البخار الناتج عن طاقة باطن الأرض لتوليد الكهرباء في ١٥ يوليو ١٩٠٤، وأصبح أكبر موقع لإنتاج الكهرباء بقدرة ٢٥٠ ك.وات في عام ١٩١٤. تقع مدينة لرديرلو في أكثر البقاع سخونة في أوروبا كلها، وتنتج حاليا ٤٠٠ ميجا وات صافي من الكهرباء باستخدام طاقة باطن الأرض.
Photographed by Dr. Donald Aitken

الأرضي للحرارة أكبر من الطاقة الكهربائية اللازمة لضخ هذه المياه المعالجة من مصدرها إلي موقع المحطة . أدي ذلك إلي تحقيق فائدتين في وقت واحد وهما التخلص الآمن بيئيا من مياه الصرف ، وزيادة إنتاج الطاقة الكهربائية وهي فرصة جيده للمدينة ولملاك المحطة للربح.

ومع ذلك ، فإن أهم درس يمكن تعلمه من نتائج الخبرات المكتسبة من محطة جيسيرس هو أنه بالرغم من أن الطاقة الحرارية للأرض هي طاقة متجددة، إلا أنها تعتبر طاقة مستدامة عندما يكون معدل استخلاص الطاقة الحرارية متساويا مع مصدر الإمداد بالمياه ، وكما رأينا فإن الحصول علي المياه الساخنة والبخار يحدث بسرعة وبكفاءة عالية مما يؤكد استدامة طاقة باطن الأرض شريطة أن تكون سعة مصدر المياه كافية ومستدامة ولا يتم استنزافها بمرور الوقت .

الطاقة الحرارية للأرض المستخلصة من مسافة قريبة من سطح حرارة المجما (magma heat) ، مثلما يحدث في جزيرة هاواي أو في أيسلندا تعتبر طاقة مستدامة لا تنفد بمرور الوقت، إلا أن إنتاج الطاقة الكهربائية من الطاقة الحرارية المختزنة بين الصخور البعيدة عن مركز حرارة باطن الأرض، والتي يتم تعويضها ببطء شديد تعتبر طاقة غير مستدامة تنفد بمرور الوقت .

ذلك يدعونا إلي التساؤل عن موقف طاقة باطن الأرض الآن ومدي إمكاناتها للتوسع مستقبلا مستفيدة من السياسات الحكومية الجادة والدعم المالي المخصص لها؟ تستخدم طاقة حرارة باطن الأرض إما مباشرة كمصدر للحرارة المفيدة أو تستخدم لإنتاج الكهرباء حيث قدرت الطاقة الكهربائية المنتجة عالميا منها عام ٢٠٠٢ بحوالي ٨٠٠٠ ميجاوات تنتج ٥٠٠٠ جيجا وات ساعة كهربائية سنويا (١٢,٥ مليون طن بترول مكافئ) ويستفيد منها حوالي ٦٠ مليون مواطن معظمهم يعيشون في الدول النامية .

قدرت حجم الاستخدامات المباشرة لطاقة حرارة الأرض عام ٢٠٠٢ بحوالي ١٥٢٠٠ ميجاوات حرارية تنتج ٥٣٠٠٠ ميجاوات حرارية، موفرة بذلك (١٥,٥ مليون طن بترول مكافئ) إضافية .

تعددت الاستخدامات النهائية للطاقة الحرارية لباطن الأرض وتنوعت بين تدفئة منزلية،وتسخين مياه وحمامات السباحة، وتدفئة الصوب الزراعية، وتجفيف المحاصيل الزراعية، وصهر الجليد، وتشغيل أجهزة تكييف الهواء التي تعمل بنظام دائرة الامتصاص وغير ذلك من الاستخدامات الأخرى، و٣٧% من الإجمالي العالمي للطاقة الحرارية المباشرة لباطن الأرض يستخدم في التدفئة .

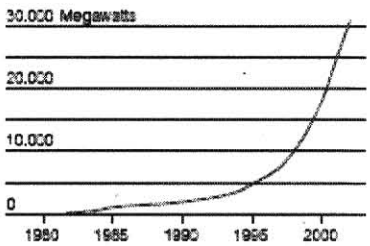
ترتيب الدول المنتجة للكهرباء من طاقة حرارة باطن الأرض كالأتي: قارتي أمريكا بنسبة ٤٧,٤%، تليها قارة أسيا بنسبة ٣٥,٥% ،تليها أوروبا بنسبة ١١,٧% . والترتيب بالنسبة للطاقة الحرارية لباطن الأرض كالتالي: أسيا بنسبة ٤٥,٩ %، تليها أوروبا ٣٥,٥%، فالأمريكتان بنسبة ١٣,٧% .

وحجم مصدر طاقة حرارة باطن الأرض ضخم، وقدرت وزارة الطاقة الأمريكية أن الطاقة الحرارية المختزنة في العشرة كيلومترات العليا من سطح الكرة الأرضية تعادل ٥٠ ألف ضعف إجمالي الاحتياطي العالمي للغاز والبترول ، وهناك تقدير آخر يفيد بأن الطاقة الحرارية لباطن الأرض في منطقة غرب الولايات المتحدة تعادل ١٤ ضعف طاقة احتياطي الفحم المؤكد وغير المؤكد بالولايات المتحدة.

تشير الدراسات الخاصة بمستقبل طاقة حرارة باطن الأرض بأنه يجب التوسع في تطبيقاتها بمعدل ١٠% سنويا حتى عام ٢٠١٠ ، مما سيؤدي إلي تواجد ٢٠١٠٠ ميجاوات كهربائية و ٣٩٢٥٠ ميجاوات حرارية من الطاقة الحرارية للأرض علي مستوي العالم، وقدرت توقعات أخري بأنه يمكن بناء محطات توليد كهرباء بقدرات تتراوح بين ٣٥ و ٧٢ ألف ميجاوات باستخدام التكنولوجيات المتوافرة حاليا، وهذا الرقم الكبير يمثل أكثر من ٨% من إجمالي إنتاج العالم من الكهرباء.

وتعتبر الفليبين أكبر دولة في العالم من حيث نسبة الكهرباء المنتجة من طاقة حرارة باطن الأرض إلي إجمالي الكهرباء المولدة بها عام ٢٠٠٢ وتصل إلي ٢٧%. وتطمح أن تصبح الدولة الأولي في العالم في إنتاجها للكهرباء من الطاقة الحرارية لباطن الأرض .

وتشير تقارير أخري إلي أنه يمكن لطاقة حرارة باطن الأرض أن تفي بنسبة ١٠٠% باحتياجات ٣٩ دولة، وبنسبة ٥٠% من احتياجات ٤ دول، وبنسبة ٢٠% من احتياجات ٥ دول، وبنسبة ١٠% لعدد ٨ دول، وهذا يوضح أنه يمكنها أن تكون مصدراً رئيسياً لإنتاج الطاقة في ٥٦ دولة.



شكل (٨): النمو المتزايد للطاقة الكهربية المولدة من الرياح منذ عام ١٩٨٠ حتى عام ٢٠٠٢ ، معدل النمو الحالي ٣٢% سنويا سيؤدي إلي توليد طاقة كهربية من الرياح قدرتها ١١٠ ألف ميجا وات (١١٠ جيجا وات) في نهاية السنوات الخمس القادمة .
المصدر: Worldwatch Institute, updated by Earth Policy Institute from BTM Consult, AWEA, EWEA, Wind Power Monthly

مصادر الطاقة المتجددة المتقطعة

طاقة الرياح

تعد الشمس مصدر جميع الطاقات الموجودة علي سطح الأرض بصورها المختلفة بما في ذلك طاقة الرياح ، فحينما تسقط أشعة الشمس علي المناطق الساحلية، يحدث دفء ما في مياه البحر والطبقة السطحية للأرض بنسب مختلفة، فالأرض ترتفع درجة حرارتها أكثر من ارتفاع درجة حرارة مياه البحر، وعليه فإن طبقة الهواء المجاورة لسطح الأرض ترتفع درجة حرارتها ويخف وزنها وترتفع إلي أعلي فيتحرك الهواء الأبرد نوعا ما من فوق سطح البحر إلي سطح الأرض، أما في أثناء الليل فيحدث العكس، حيث يفقد سطح الأرض جزءاً كبيراً من حرارته أكثر مما يفقده ماء البحر، وذلك عن طريق الإشعاع الحراري، وبالتالي تصبح مياه البحر أدفأ من سطح الأرض مما يترتب عليه ارتفاع حرارة طبقات الهواء فوق سطح البحر، وصعودها إلي أعلي ، فيتحرك الهواء الأبرد نوعا ما من فوق سطح الأرض إلي سطح البحر ومن ذلك تنتج الرياح.

لذلك فان جزءاً من الطاقة الحرارية للشمس تتحول إلي طاقة حركية نتيجة تحرك الهواء ، ولاستغلال طاقة الرياح فإنه توضع توربينات هوائية متعددة الريش في مسار الرياح ،وعند اصطدام الهواء بهذه الريش يقوم التوربين بالدوران وإدارة المولد الكهربائي الذي يقوم بتوليد الكهرباء التي يتم ربطها بشبكات التوزيع أو استخدامها لتغذية أية تطبيقات منفردة. تتساوي شدة الطاقة الناتجة عن حركة الرياح / المتر المربع عند سرعة ١١,١ متر/ثانية مع الطاقة الشمسية التي يصل شدة إشعاعها الشمسي إلي ١٠٠٠ وات/متر مربع، الطاقة الكلية التي تحملها الرياح فوق سطح الأرض تعتبر ضخمة جدا، كما أن الطاقة التي يمكن للإنسان استخلاصها من الرياح تعتبر ضخمة أيضا، ويوجد أكثر من ٦٠٠٠٠ توربينة هوائية متصلة بالشبكات الكهربائية علي مستوي العالم تعمل في ٤٥ دولة و ٢٧ ولاية أمريكية، وتجاوز إجمالي طاقة الرياح المتصلة بالشبكات الكهربية ٣٢٠٠٠ ميجاوات (٣٢ جيجا وات) في نهاية عام ٢٠٠٢.

> أصبح توليد الكهرباء من الرياح حقيقة ملموسة، وقد وفرت هذه الطاقة ملايين الدولارات من خلال الصناعات الجديدة، وفرص العمل الجديدة، التي تعود بالنفع على الاقتصاد. تكلفة الكهرباء المنتجة من هذه الطاقة تنافس الطاقة المنتجة من الوقود الحفري، وبالتالي فهي أقل من الطاقة النووية. لذلك فان سياسات الحكومات الصارمة لتحقيق الأهداف المرجوة من هذه الطاقة سوف تساعد الامتداد والتوسع في صناعة الرياح ،وكذلك الاستفادة من فوائد هذه الطاقة، نظرا لكونها طاقة نظيفة ودائمة .

توجد في ألمانيا توربينات هوائية تم تركيبها عام ٢٠٠٢ يصل إجمالي قدرتها إلي ١٢٠٠٠ ميجاوات، تنتج ٢٠ مليار ك.و.س. وتسهم بنسبة ٤,٧% من احتياجات ألمانيا من الكهرباء ، بينما نجد أن طاقة الرياح تسهم في تغطية ٢٠% من استهلاك الدنمارك من الكهرباء، وتجاوزت منطقة شلسوج هولستين بألمانيا الهدف المرجو تحقيقه في ٢٠١٠ وهو أن تكون نسبة أنتاج الكهرباء من الرياح ٢٥% حيث وصلت النسبة إلي ٢٦% في يونيو ٢٠٠٣ .

تمتاز طاقة الرياح بوفرتها وبتكلفتها المنخفضة ، وتتزايد بمعدل سنوي حوالي ٣٢% مما أدي إلي استثمار ٧مليارات دولار سنويا في إنشاء مزارع رياح علي المستوي العالمي خلال عامي ٢٠٠١ و ٢٠٠٢ ، مع توقع زيادتها في عام ٢٠٠٣ .

تكلفة الكهرباء المنتجة من طاقة الرياح تنافس حاليا تكلفة الكهرباء المنتجة من محطات الفحم، وسوف تستمر في الانخفاض لتصبح الأقل سعرا علي الإطلاق بين جميع مصادر الطاقة المتجددة.

وتؤدي صناعة الرياح إلي فتح فرص اقتصادية جديدة، وهناك هدف عالمي واقعي يهدف لأن تصل الطاقة الكهربائية المولدة بالرياح إلى ١١٠ جيجا وات بحلول عام ٢٠٠٧، وباستثمارات قدرها ١٠٠ مليار دولار ، وبذلك تتساوى مع إجمالي الطاقة الكهربائية المنتجة من محطات الطاقة النووية بأمريكا.

من المتوقع في عام ٢٠٠٧ أن تصل قدرة محطات توليد الكهرباء من الرياح إلي نسبة ٢٤ % من اجمالى القدرة الكلية لجميع محطات توليد الكهرباء في العالم، وهناك تقدير يتوقع أن تصل التكلفة الاستثمارية السنوية لإنشاء محطات توليد الطاقة من الرياح ٢٥ مليار دولار اعتبارا من ٢٠١٠.

قامت شركة فيستاس الدنماركية اعتبارا من عام ١٩٧٩ بإنتاج ما يزيد عن ١١٠٠٠ توربين هوائي تم تركيبها في ٤٠ دولة .

تمثل طاقة الرياح مصدرا هاما لخلق وظائف جديدة داخل الدولة ، ومصدرا للدخل القومي الناتج من التصدير، قدرت عدد الوظائف التي توافرت في ألمانيا من أنتاج ١٢٠٠٠ ميجاوات من طاقة الرياح

بحوالي ٤٢٠٠٠ وظيفة خلال عام٢٠٠٢، أي بمعدل وظيفة لكل ٢٨٥ كيلووات، وفي أسبانيا تطورت صناعة الرياح من جراء السياسة الحكومية التي أدت إلي بناء مصانع جديدة وخلق فرص عمل.

لقد أثبتت توربينات الهواء المنتشرة في المزارع الريفية الأمريكية والهندية والأوربية أنها ثروة ومصدر غير متوقع للربح في المناطق الريفية ، علي عكس ما يردده اللوبي الممثل في أصحاب محطات توليد الكهرباء بالفحم ، من أنها تشغل وتهدر مساحة كبيرة من الأراضي الزراعية، والحقيقة عكس ذلك حيث أن التقدم والتطور الحالي في صناعة معدات طاقة الرياح يتوافق تماما مع أنشطة المزارعين، كما أن التوربينات الهوائية الكبيرة الحجم ستشغل مساحة لا تزيد عن ١% فقط من المساحة الفعلية من الأرض ، وتصل إلي ٥% عندما يتم إنشاء طرق مرورية دخول خاصة بالتوربينات، ولكن هذا الفقد اليسير في الأراضي الزراعية ، سيعود بالنفع الكثير لمالك الأرض .فعلي سبيل المثال، فمثلا إذا كان لدينا مزارع يمتلك قطعة أرض تسودها متوسط سرعات رياح مرتفعة، وقام بتركيب ٣ توربينات هوائية قدرة كل منها ٧٥٠ كيلو وات ، فإن هذا المزارع سوف يحقق دخلا قدره ٤٠ ألف دولار سنويا، وبعد قيامه بسداد أقساط القروض المستحقة عليه لمدة عشر سنوات من جراء تركيب وتشغيل هذه التوربينات الهوائية الثلاثة، فسوف يتبقى معه مبلغ ١٠٠٠٠ دولار سنويا . وبفرض قيام هذا المزارع بتأجير هذه المساحة من أرضه لمستثمر يرغب في تركيب توربينات هوائية لديه، فسوف يتضاعف دخله من الفدان، ويجنبه تقلبات أسعار بيع محاصيله الزراعية أو حدوث قحط أو نقص محتمل في موارد المياه، هذا الدخل الإضافي يساعد المزارع الذي يمتلك قطعة أرض صغيرة علي الاستمرار في زراعة أرضه بدلا من التفكير في بيعها.

تعتبر الهند خامس دولة علي مستوي العالم في تطبيقات طاقة الرياح بقدره إجمالية تصل إلي ١٧٠٢ميجاوات في عام ٢٠٠٢، ويوجد لديها مصادر رياح يمكن استغلالها تصل إلي ٤٥٠٠٠ ميجاوات، وقد شجعت الوزارة الهندية لمصادر الطاقة غير التقليدية استخدام طاقة الرياح، وذلك لتنويع مصادر الاقتصاد الخاصة بها حتى تتخلص تدريجيا من الاعتماد علي البترول والغاز الطبيعي والفحم،وتقوم المصانع هناك بتوفير ٧٠% من قطع غيار التوربينات محليا ، ويتم تجميع النظام وتركيبه بالأيدي العاملة المحلية ، وبهذا تساعد طاقة الرياح علي توفير فرص عمل في دولة كالهند تزداد فيها نسبة البطالة ، بالإضافة إلي توظيف استثمارات الطاقة في تنمية الاقتصاد المحلي ، ونظرا لأن الهند تعاني من ضعف البنية التحتية لخطوط نقل الكهرباء وتوزيعها، لذا فإن استخدام توربينات الرياح علي أساس وحدات منفصلة للمصانع أفضل اقتصاديا لأصحاب المصانع من إنشاء مزارع رياح كبيرة وتوصيلها بالشبكة وهذا يضيف قيمة كبيرة للمصانع التي تستخدم طاقة الرياح .

وحديثا تم مراجعة إمكانات طاقة الرياح بهدف تطوير تكنولوجيا التوربينات الهوائية لتعمل بكفاءة في المناطق التي بها سرعات رياح منخفضة، حيث توضع علي ارتفاعات كبيرة من سطح الأرض، وقد وصلت قدرة التوربين الهوائي إلي ١ ميجاوات عام ٢٠٠٢، مما شجع كثيرا علي استخدامه وتركيبه في المياه العميقة للبحار والمحيطات، وأحد نتائج تقييم مصادر طاقة الرياح في العالم هي التنبؤ بأن طاقة الرياح سيمكنها ليس فقط تلبية احتياجات الكهرباء للولايات المتحدة ، وإنما سوف تستطيع أيضا أن توفر كل احتياجات الولايات المتحدة من الطاقة بصفة عامة، وهناك تقديرات تفيد بأن طاقة الرياح سوف تلبي كل احتياجات العالم من الطاقة بأكملها.

وحتى إذا كانت هذه التقديرات متفائلة جدا ، فإن هناك هدفاً متفقاً عليه وهو أن تقوم طاقة الرياح بتغطية نسبة ١٢% من إجمالي استهلاك العالم للكهرباء بحلول عام ٢٠٢٠، تنتج ما يزيد عن ٣ مليارات ميجاوات ساعة سنويا من الطاقة، وهذا الهدف واقعي يمكن تحقيقه، وهو يعادل ٢٠% من استهلاك العالم من الكهرباء عام ٢٠٠٢، ويهدف الاتحاد الأوروبي أيضا إلي إنتاج ٢٠% من الكهرباء من طاقة الرياح عام ٢٠٢٠ وهذا أيضا يمكن تحقيقيه، ويماثل هذا التطور فى طاقة الرياح التطور الذي حدث فى تطبيقات الطاقة النووية والكهرومائية .

ومن الضروري إدراك أنه بالرغم من أن طاقة الرياح المنتجة عام ٢٠٠٢تعادل ٣٢٠٠٠ ميجاوات، وتمثل ٠,٤% من استهلاك العالم من الكهرباء، وإذا تحققت التوقعات الخاصة بإنتاج ١٧٧٠٠٠ ميجاوات من طاقة الرياح عام ٢٠١٢ ، فإن ذلك سيمثل ٢% من الاستهلاك العالمي للكهرباء، ونظرا لأن معدل نمو طاقة الرياح يزداد كدالة أسية ، لذا فإن هدف الوصول لنسبة ١٢% بحلول عام ٢٠٢٠ هو هدف واقعي وذو جدوى.

تحقيق مشاركة أكثر لطاقة الرياح ومصادر الطاقة المتجددة المتقطعة الأخرى

أثبتت الخبرة المكتسبة حتى الآن أن الدول والمناطق التي تستخدم طاقة الرياح ومصادر الطاقة المتجددة الأخرى في توليد الكهرباء وتوصيلها بالشبكة ، تستطيع أن توفر ٢٠% من احتياجات الطاقة الكهربائية من هذه المصادر.

فمثلا في الدنمارك حيث تسهم طاقة الرياح بنسبة ٢٠% من إجمالي إنتاج الكهرباء بها، توجد بعض المناطق التي تقوم فيها طاقة الرياح بإمدادها بالكهرباء بنسبة ١٠٠%، وفي مقاطعة شلسوج هوليستن بألمانيا تسهم طاقة الرياح بنسبة ٢٩% من إجمالي إنتاج طاقة الكهرباء بها، لذلك فيمكننا القول بأن الأهداف العالمية المرجو تحقيقها في مجال تطوير طاقة الرياح حتى عام ٢٠٢٠ هي أهداف واقعية، ويمكن الوصول إليها في نطاق الشبكات المتصلة بالبنية التحتية الموجودة .

تعتبر طاقة الرياح والطاقة الشمسية ظواهر طبيعية يمكن التنبؤ بها عن طريق الأرصاد الجوية قبل ٢٤ ساعة من حدوثها، وهي مدة كافية تتيح للمسئولين عن الشبكات الكهربائية تسهيل دخول الكهرباء المنتجة من هذه المصادر علي الشبكة.

لذلك فإن إنشاء خطوط توزيع للكهرباء ونقلها لتقوم بتيسير استيراد وتصدير الكهرباء المنتجة من مصادر الطاقة المتجددة بين المناطق ذات المناخ المتغير ، سوف يسهم كثيرا في نشر استخدامات تلك المصادر وزيادة الإفادة منها، وقد أسهمت شبكات توزيع ونقل الكهرباء الدولية في دخول الكهرباء المنتجة من مصادر الطاقة التقليدية إليها وأفادت من ذلك الدول الأوروبية والإسكندنافية.

وجود شبكات كهربية تربط بين عدة دول يشجع مصادر الطاقة المتجددة الأخرى كالطاقة الكهرومائية علي المشاركة في دخول هذه الشبكات ويحـولهـا مـن مصدر إمداد للطاقة الكهربية كحمل أساسى إلي مصدر إمداد طاقة كهربية متقطع يكمل مع باقي مصادر الطاقة المتجددة الحمل الأقصى المطلوب إمداده من الشبكات.

ومن الجدير بالذكر أنه من أجل تحقيق مشاركة أكثر لمصادر الطاقة المتجددة في شبكات التوصيل، ولزيادة النسبة عن ٢٠% فإن ذلك يتطلب توفير عدد من الامتياز ات السياسية والفنية والاجتماعية، ولتوضيح ذلك نشير إلي أن وجود مصادر إمداد مستقرة للطاقة الكهربية بالدنمارك واتصالها بشبكة توصيل مع ألمانيا ساعد علي زيادة نسبة مشاركة طاقة الرياح الدنمركية في هذه الشبكة ، وهذا يوضح أن التعاون والاتصال علي المستوي الدولي والإقليمي عبر الحدود يؤدي إلي تطوير تطبيقات الطاقة المتجددة وتنميتها .

في بعض الأحيان، يمكن أن تؤدي هذه المصادر المستقرة والمتاحة محليا إلي رفع كفاءة استخدام الطاقة، ونضـرب مثـالا لذلك بمـا حدث في

شـكل (٩ أ،ب): التطور في طاقة الرياح يتوافق مع نشاطات الزراعة وتربية المواشي في الدانمارك والولايات المتحدة، والإيراد الناجم عن أنشطة الزراعة والمراعي المرتبطة بطاقة الرياح يعد من المصادر الجديدة الهامة للمناطق الريفية .
Photographed by Dr. Donald Aitken

الدنمارك عام ١٩٩٠ ، حيث تم تحويل ٤٠% من أنظمة إنتاج الطاقة الكهربية بها إلي أنظمه استعادة الحرارة والدورة المركبة، والتي تتميز بأنها صغيرة الحجم ، كما تم إنشاء محطات الطاقة المزدوجة، والتي تعمل بالغاز الحيوي المنتج من مصادر الكتلة الحيوية بالحقول القريبة من تلك المحطات، وهذا لا يؤدي فقط إلي تحويل الحرارة المفقودة إلي طاقة مكتسبة تزيد من الكفاءة الكلية للوقود المحترق، إنما يولد مصادر طاقة يمكن التحكم فيها لتتلاءم مع خصائص أنظمة الطاقة الشمسية أو مزارع الرياح المتصلة بها .

ولابد من الأخذ في الاعتبار أهمية تطوير آليات تخزين الطاقة في المستقبل ، ففي الوقت الحالي هناك جهود عظيمة لتطوير تكنولوجيا تخزين الطاقة مثل البطاريات، والمكثفات،وخلايا الوقود، والحدافات، والهواء المضغوط ، وضخ المياه لتخزينها، وفي المملكة المتحدة تم اختراع (Flow battery) سعتها١٢٠ميجاوات ساعة وقدرة ١٥ميجاوات يتم تفريغها في دقائق أو في ساعات (تحدد بواسطة أقصي حمل للطاقة المطلوبة)، وهذا يوضح أنه يوجد تقدم كبير في تكنولوجيات تخزين الطاقة.

الاستخدامات المباشرة للطاقة الشمسية

نظرة شاملة

هناك استخدامات عديدة غير مباشرة للطاقة الشمسية، مثل الطاقة الكهرومائية، وطاقة الرياح، والطاقة الحيوية، بالإضافة إلي مصادر الطاقة غير الشمسية مثل طاقة حرارة باطن الأرض .

والجدير بالذكر أن قيمة الطاقة المتجددة لا تقاس بعدد الكيلووات المنتج، إنما تقاس بالفوائد الاقتصادية الناتجة من الاستخدامات المباشرة للطاقة الشمسية والتطبيقات الأخرى لها والمتصلة بالشبكة الكهربائية، وكلها تدعم الاستخدامات المباشرة للطاقة الشمسية وتدفع بالسياسات الحكومية لتسرع من هذه الاستخدامات، بالإضافة إلي مزاياها المتعددة من أنها آمنة جدا وتعود بمنافع كبيرة علي الاقتصاد القومي، وتستخدم في تطبيقات التكنولوجيات الحديثة والصناعات الجديدة، وتتوفر في مناطق متعددة، لذلك فإنه من المهم التنوع بين مصادر الطاقة المتجددة لتوفير أنظمة طاقة مستقرة يعتمد عليها.

إن الطاقة الشمسية يمكن أن تستخدم مباشرة في إناره المنازل، وتدفئة المباني، وتسخين البرك، وتوفير المياه المنزلية الساخنة، وتلبيه الاحتياجات الحرارية للفقير والغني علي حد سواء في الدول النامية والمتطورة،وتوفر أشعة الشمس المنبعثة أيضا المياه الساخنة جدا أو البخار اللازم لبعض العمليات الصناعية حيث يتم تسخين المائع الحراري ورفع درجة حرارته عن طريق تركيز الحرارة الشديدة عليه لإنتاج الكهرباء.

هناك استخدامات عديدة مباشرة للطاقة الشمسية المنبعثة من الشمس، حيث إنها تستخدم في إنارة المنازل وتوفير الطعام والدواء لحوالي ١,٨ مليار شخص في العالم لم تصل إليهم الكهرباء ، بالإضافة إلي توفير الاتصالات بين أنحاء العالم ، وتستخدم لتحلية مياه البحر وتحويلها إلي مياه عذبة، وتستخدم في ضخ المياه لري الأراضي ، وفي إزالة السموم من المياه الملوثة لمواجهة الاحتياج الشديد للمياه النظيفة، وتستخدم في طهي الطعام عن طريق المركزات الشمسية لتجل محل حرق الأخشاب والتي يؤدي حملها ونقلها علي أكتاف الأطفال والسيدات إلي تدهور حالتهم الصحية وتسبب تعرية النظم البيئية وتلويث الهواء.

> إن العمل علي الانتشار والتوسع في تطبيقات تكنولوجيا الطاقة الشمسية هو مسئولية القيادة السياسية والسياسة العامة في الوقت الحالي، وليست مسئولية الاقتصاد والتكنولوجيا لأن الاقتصاد والتكنولوجيا يتطوران بمرور الوقت مما يساعد علي زيادة مشاركة الطاقة الشمسية، ويمكن الآن وضع الأهداف بثقة علي مدار ٥٠ عام القادمة، مما سيؤدي إلي زيادة تطبيقات الطاقة المتجددة، ليحصل العالم علي ٥٠% من احتياجات الطاقة من مصادر محلية صديقة للبيئة، معظمها من الاستخدامات المباشرة أو الغير مباشرة للطاقة الشمسية.

هذا التنوع في تطبيقات الطاقة الشمسية وإمكاناتها الهامة لكل المناطق والبلاد والشعوب يجعلها الاختيار الأمثل لكل شعوب العالم .

إلا أن هذه الطاقة لها بعض السلبيات والعيوب فهي طاقة متقطعة ولا تستخدم إلا صباحا أو في ساعات

السطوع فقط، ويقل استخدامها عندما تكثر السحب أو تهب العواصف أو عند نزول الأمطار، ولا تستخدم مساء حيث ينقطع ضوء الشمس ليلا.

هذا يتطلب توفير مواد وتجهيزات مناسبة، بجانب اختيار تصميم جيد للمباني يسمح بدخول الشمس داخل المباني أثناء النهار لتدفئتها، كما يتطلب أيضا العزل الجيد لخزانات المياه الساخنة ليمكن استخدامها ليلاً ونهاراً.

ويحتاج مكان العمل إلي أنظمة تدفئة مركزية ، وإضاءة صناعية، أثناء النهار، لذلك فإن الاحتياج الأكبر للكهرباء يكون أثناء ساعات النهار، ومن المعروف أن أغلب المواطنين يعملون أثناء النهار لذا فإن ضوء الشمس يمكن أن يحل محل الكهرباء ويفي باحتياجات الناس نهارا حتى في أوقات الضباب، وذلك في حالة مراعاة أصول التصميم السليم للمباني .

تكمن فاعلية الطاقة الشمسية في قدرتها علي توفير احتياجات جميع المستخدمين، ولا ترتبط فقط بالفترة الزمنية التي تسطع فيها الشمس أثناء النهار، لذلك فان معيار الاستمرار والقدرة للطاقة الشمسية بمعدل ٢٤ ساعة لا يمثل فائدة اقتصادية وإنما الأهم هو مدي تطابق الطاقة الشمسية وقدرتها علي الوفاء باحتياجات الشبكة الكهربائية، وهو ما ينطبق علي طبيعة الأحمال التي تغذيها الشبكة الكهربائية، ومدي توافقها مع معدل الإشعاع الشمسي ، ففي فصل الصيف مثلا نجد أن أقصي شدة للإشعاع الشمسي تحدث في وقت الظهيرة وهو نفس الوقت الذي يقوم فيه مرفق الكهرباء بإمداد حمله الأقصى، لذا فإن معامل السعة للأنظمة الشمسية والذي يعرف بأنه (كمية الطاقة المنتجة علي مدي ٢٤ ساعة) له مدلول اقتصادي ضعيف، إلا أن معامل السعة الفعلي لأنظمة إنتاج الكهرباء بالطاقة الشمسية يعرف بأنه مدي توافر الكهرباء المنتجة شمسيا عندما يحتاج إليها ، وتتجاوز قيمته ٨٠% وقد تتجاوز ٩٠% وهي تمثل ٣ أضعاف القيمة النظرية لمعامل السعة، بينما توجد تطبيقات أخري للطاقة الشمسية مثل البرك الشمسية وأنظمة التدفئة، يمكن استنتاج معامل السعة لها عن طريق حساب كمية الحرارة التي تم تجميعها وتخزينها في المياه أو المباني علي مدار ٢٤ ساعة .

ويؤثر السلوك البشري علي قيمة معامل السعة الفعلي للأنظمة الشمسية، فان غسل الملابس والاستحمام ليلا يعظمان من أهمية المياه التي تم تسخينها بالطاقة الشمسية أثناء النهار.

وبنفس الطريقة نجد أن الأهالي في الدنمارك الذين يمتلكون خلايا شمسية فوتوفولتية قد غيروا من سلوكهم اليومي ليتلاءم مع استخدام الكهرباء الشمسية في أوقات حدوثها، وكذلك في ولاية كاليفورنيا بالولايات المتحدة فإن استخدام الأنظمة الفوتوفوليته أدي إلي فوائد اقتصادية للأهالي الذين يمتلكون خلايا فوتوفولتية متصلة بالشبكة لإمدادها

شكل (١٠أ،ب) : تنوع الطاقة الشمسية بمختلف تطبيقاتها، هذا المنزل في مدينة بوسطن بولاية ماسشوسيتس (تصميم جمعية التصميم الشمسي) يوضح التصميم المطبق لتحسين كفاءة استخدام الطاقة ، والإضاءة بضوء النهار ، والتدفئة الشمسية الخاملة المباشرة، والتدفئة الشمسية الغير مباشرة، وتسخين المياه ، وتوليد الكهرباء بالطاقة الشمسية ، كل هذه التطبيقات تم تكاملها داخل المنزل ليصبح منزلاً لا يستهلك سوي الطاقة الشمسية فقط. من المهم أيضا استخدام الطاقة الشمسية في الضروريات الرئيسية مثل استخراج المياه العذبة ، الإضاءة، حفظ الدواء في ثلاجات بالنسبة للدول النامية ، والصورة علي اليمين لطلمبة شمسية لضخ المياه في الهند.
Photographed by Dr. Donald Aitken

بالكهرباء الشمسية في أوقات الذروة، حيث يزداد الضغط عليها، ولتوضيح ذلك فإن سياسة المقاصة أو ما يطلق عليها
(net metering)
والتي يتم تطبيقها هناك تسمح للأهالي بزيادة مبيعاتهم للشبكة من الكهرباء في أوقات الذروة وذلك بخفض استهلاك منازلهم من الكهرباء إلي أقصي حد نهارا ، وقصر استهلاكهم للكهرباء ليلا وبعد رجوعهم من أعمالهم، وهو الوقت الذي يقل فيه الحمل الكهربي علي الشبكة الكهربية، أدي هذا النظام إلي تحقيق دخل للأهالي قدره ٣٠ سنت/ك.و.س. في وقت الذروة.

التطبيقات غير العادية لتكنولوجيا الخلايا الفوتوفولتية في ألمانيا والتي تقع عند نفس خط عرض جنوب كندا أو اليابان، وتطبيقات أنظمة تسخين المياه الشمسية في ألمانيا والنمسا ، وتطبيقات المباني الشمسية من تدفئة وإضاءة في فنلندا وألاسكا ، توضح أن تطبيقات الطاقة الشمسية غير مقصورة فقط علي الدول ذات المناخ الحار إنما هي متاحة وتكفي كافة المناطق.

ويؤدي أتباع برامج البحوث والتطوير وتوفير الدعم اللازم لها من الحكومة والصناعة، إلي تطوير التكنولوجيات المختلفة والتطرق إلي مجالات جديدة مثل تخزين الطاقة، وفي الوقت الحالي فإن المباني والمنازل علي استعداد للإفادة من تطبيقات الاستخدامات المباشرة للطاقة الشمسية ، وكما هو موضح في هذا الكتاب الأبيض فإن الشبكات الإقليمية والمحلية أصبحت أكثر استعدادا للسماح لمصادر الطاقة المتجددة بالدخول عليها.

التدفئة الشمسية السلبية وإضاءة المباني بضوء النهار

تستهلك الدول الصناعية طاقة تتراوح من ٣٥ إلي٤٠% من إجمالي استخدامات الطاقة الأولية في المباني وهي نسبة قد تصل إلي ٥٠ %عندما نأخذ فى الاعتبار تكلفة الطاقة المستخدمة في أعمال البنية التحتية ومواد البناء التى تخدم المباني.

أشارت نتائج تحليل تم إعداده حديثا، أن استهلاك الطاقة في قطاع المباني بالولايات المتحدة وصل إلي ٤٨ % من إجمالي استهلاك الطاقة، ويسبب انبعاثات لغاز ثاني أكسيد الكربون تصل إلي ٤٦%.

فى أوروبا، تصل نسبة الاستهلاك المحلي للطاقة في أغراض التسخين والتدفئة إلي ٣٠% ، منها ٧٥% تستخدم بالمباني ، وفي الولايات المتحدة وصلت نسبة استهلاك الطاقة في المباني إلي ٣٧%، وأن ثلثي الطاقة الكهربائية المنتجة تستهلك في المباني ويستخدم نصفها بطريقة مباشرة أو غير مباشرة في الإضاءة الصناعية والاستخدامات الحرارية، لذلك يمكننا القول إن المباني تتسبب في ثلث انبعاثات غازات الدفيئة وينتج عنها ثلث النفايات .

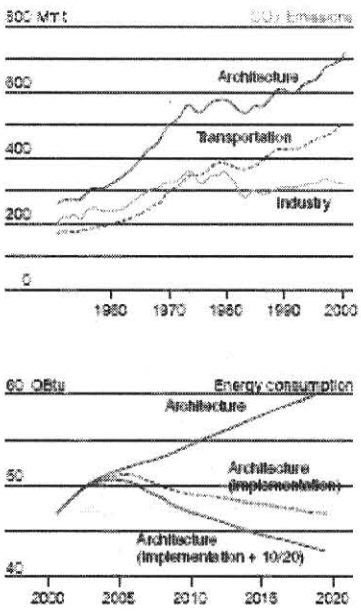
ومن وجهة نظر الديناميكا الحرارية، يعتبر استخدام حرارة الشمس في تدفئة المنازل في الشتاء، وكذلك استخدام ضوء الشمس للإضاءة (مع التحكم في درجات الحرارة صيفا)، من أرخص أشكال استخدام الطاقة الشمسية بالإضافة إلي كفاءتها، وكل هذه المفاهيم اليسيرة موجودة منذ القدم في أبنية القدماء، حيث استطاع الأمريكيون القدماء توفير الراحة والدفء وكذلك التبريد والتهوية علي مدار العام حتى يتأقلموا مع الظروف البيئية القاسية، وقد قام المهندسون اليونانيون والرومانيون القدماء بتصميم المنازل والمدن طبقا لمبادئ الطاقة الطبيعية، وقد شجع الفيلسوف سقراط ما يسمي اليوم باسم تصميم المباني السلبية والذي يسمح بدخول أشعة الشمس الضعيفة شتاء من الجانب الجنوبي من المباني وتجنب الحرارة الناتجة عن الشمس صيفا .

وقد قام فيتر فيوس باتباع هذه المبادئ في تصميم المباني الشمسية، ملاحظا أن اختلاف المناخ يتطلب اختلاف التصميم وذلك لتوفير الراحة ،فقام بتصميم المباني الشمسية، فنجد أن الكاتدرائيات الأوربية التي تم إنشاؤها في منتصف الألفية السابقة قد روعي في تصميماتها استخدام ضوء النهار بشكل مذهل يضيء للذين يتواجدون بداخلها، وقد اعتمدت المباني الإدارية في المدن الكبرى في نهاية القرن ال ١٩ علي ضوء النهار الطبيعي والتهوية الجيدة وذلك للإضاءة والراحة .

تهدف السياسات القومية والمحلية إلى تقليل انبعاثات غازات الدفيئة الحرارية من خلال تقليل استخدام مصادر الطاقة التقليدية، وتطوير تصميم المباني السكنية والتجارية، بطريقة تسمح باستخدام الطاقة الشمسية بكفاءة أكثر، ويؤدي الاستخدام الأمثل لمصادر الطاقة المتاحة محليا، في أغراض الاضاءة والتدفئة، إلى توفير مليارات من الدولارات كانت ستنفق علي مصادر الطاقة التقليدية ، مما يساعد علي توفير فرص عمل جديدة ، ودعم التعليم والصحة.

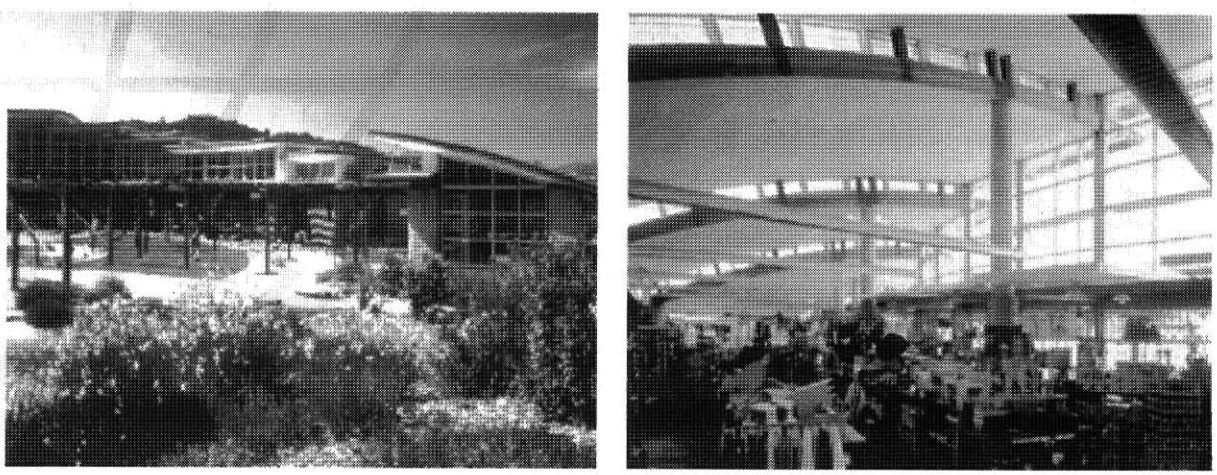
كل هذه التقنيات متاحة اليوم، وذلك لتقليل تأثير تغير المناخ، ولترشيد استخدام الطاقة في المباني في مدي زمني قصير ، وقد ساعدت الدروس المستفادة من البرامج والمشاريع الهامة التي قامت وكالة الطاقة الدولية بتنفيذها، بالإضافة إلي التقدم العلمي في مواد البناء الحديثة، وتكنولوجيا الإضاءة، والزجاج الانتقائي، والعزل الحراري ،واستخدام الكمبيوتر في عمل وسائل محاكاة ونمذجة رياضية لتساعد المصممين المعماريين علي تحقيق أفضل النتائج، حيث أكدت المعلومات أن الأداء البشرى يتزايد في ضوء النهار، حيث تتزايد إنتاجيه العاملين ويزداد شعورهم بالرضا، مما أدي إلي زيادة المبيعات في المتاجر بنسبة ١٥% نتيجة تغيير معايير تصميمات المباني ، كما تزايد معدل استيعاب الطلبة إلي ٢٥% وزادت درجاتهم في الامتحانات طبقا لنتائج بحث إحصائي متقدم ، كل هذه النتائج توضح القيم الفعالة الناتجة من استخدام تصميمات المباني الشمسية .

ونستطيع القول ، إن الفوائد الاقتصادية العظيمة الناتجة عن المباني الشمسية تبرر النفقات التي يتم إنفاقها في عمل هذه التصميمات، بالإضافة إلي تقليل استخدامات الطاقة وتقليل انبعاثات غازات الدفيئة وكل هذه الامتيازات تعتبر امتيازات مجانية.



شـكل (١١أ،ب) : العمارة وتشمل المباني ومواد البناء في القطاعات السكنية والتجارية والصناعية ، وهي أكبر مستهلك للطاقة (٤٨% من الطاقة الأولية) وأكبر مصدر لانبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون في الولايات المتحدة. التغيرات الجادة والممكن تحقيقها في سياسة "كفاءة المباني" بالولايات المتحدة ستؤدي إلي خفض استهلاك الطاقة في صناعات المباني ، وهذا ما يوضحه مسار المنحني " implementation" في الرسم الأسفل. وإذا تم تنفيذ ما جاء في" مخطط الطاقة النظيفة" وهو (الوصول بنسبة ١٠% من الكهرباء المنتجة من الطاقة المتجددة بحلول عام ٢٠١٥ ترتفع إلي ٢٠% بحلول عام ٢٠٢٥) فإن الطاقة المستهلكة في قطاع صناعة المباني سينخفض أكثر طبقا للمسار المنحني (implementation +10/20).

المصدر: Edward Mazria, SOLAR TODAY May/June 2003, 48-51



شكل (١٢أ،ب) : المركز الشمسي لتجارة البضائع بالتجزئة في مدينة هوبلند بولاية كاليفورنيا بالولايات المتحدة من تصميم جماعة العمارة (Van der Architect) . تصميم متكامل للمبني روعي فيه الإفادة من الطاقة الشمسية في تدفئته، إنارته، تهويته طبيعيا وتكييفه، إمداده بالكهرباء المولدة من الخلايا الفوتوفولتية، والحفاظ علي المنظر الجمالي الريفي . التصميم الشمسي للمبني يوفر ٩٠% من استخدامات الطاقة مقارنة بالتصميمات التقليدية لأي مبني مماثل معرض لمناخ مدينة هوبلاند.
Photographed by Dr. Donald Aitken

تسخين المياه والتدفئة بالطاقة الشمسية

تكنولوجيا تسخين المياه بالطاقة الشمسية ليست تكنولوجيا جديدة، وبالرغم من كثرة استخداماتها حاليا في أوروبا وإسرائيل والصين، إلا إنها مازالت أقل كثيرا مما يجب أن تكون. سخانات المياه الكهربية أو التي تعمل بالغاز مناسبة وتكنولوجياتها هينة ، إلا أن استخدام وقود حفري ذى جودة مرتفعة أو استخدام الطاقة الكهربية في تسخين المياه يضرب بعرض الحائط أبسط قواعد الديناميكا الحرارية حيث تتحول الحرارة الكامنة في هذه المصادر إلي فاقد كان يمكن استخدامه بطريقة اقتصادية أفضل.

وبالرغم من أن تسخين المياه في المنازل لا يخلق فرص عمل جديدة ولا يوفر طاقة لتشغيل المصانع، إلا أن الوقود الحفري المستخدم في تسخين المياه كان يمكنه ذلك بكل تأكيد ، ومع التوقعات الحالية بنقص إنتاج الكهرباء من المحطات الحرارية، فإن استخدام الكهرباء في تسخين المياه يمثل تبذيرا كبيرا في استهلاك الغاز الطبيعي، لأن ذلك يعني استهلاك ضعف كمية الغاز اللازمة لإنتاج وحدة حرارية لتسخين المياه مقارنة بحرق الغاز مباشرة في سخان المياه الذي يعمل بالغاز الطبيعي.

لذا فإنه من المفيد اقتصاديا للمجتمع، أن نترك الشمس تسهم بأكبر نسبة ممكنة لتسخين المياه، لتحل محل الوقود الحفري،الذي يتم استخدامه في محطات إنتاج الطاقة الكهربية مما يحقق فائدة كبيرة للاقتصاد.

علي سبيل المثال فإن صناعة السخانات الشمسية سينتج عنها توفير فرص عمل للقيام بأعمال التركيبات والصيانة وخدمة ما بعد البيع، مما يعود بفائدة علي اقتصاد المجتمع، وهذه الفائدة أعظم كثيرا من أية حسابات يسيرة لمعرفة فترة استرداد راس المال المدفوع في شراء السخان الشمسي.

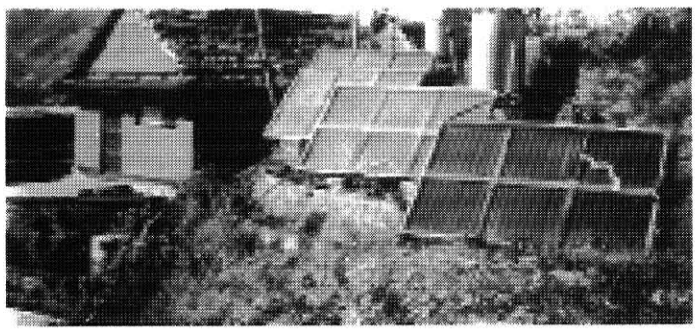
تكنولوجيا تسخين المياه بالطاقة الشمسية أثبتت جدواها عالميا، حيث يوجد حوالي ١٢,٣مليون متر مربع من المجمعات الشمسية تم تركيبها حتى عام ٢٠٠٢ لدي الدول الأعضاء بالاتحاد الأوروبي بمعدل سنوي قدر ب ١,٥ مليون متر مربع عام ٢٠٠١ تناقص إلي ١,٢ مليون متر مربع عام ٢٠٠٢.

يوجد ٦٠ % من هذه الأنظمة في ٣ دول فقط هي ألمانيا بنسبة ٥٠% يليها اليونان فالنمسا. قبرص هي أكثر دولة علي مستوي العالم من ناحية عدد السخانات الشمسية لكل مواطن، حيث تبلغ النسبة ٠,٨ متر مربع/مواطن، كما أن٩٢% من المباني السكنية و٥٠% من إجمالي الفنادق بها والمطلة علي سواحل البحر المتوسط مزودة بأنظمة تسخين شمسي، وفي قارة أوروبا تعتبر اليونان الدولة الأولي بنسبة ٠,٢٦م٢/مواطن، تليها النمسا بنسبة ٠,٢٠م٢/مواطن ، تليها وبالترتيب كل من الدنمارك فألمانيا فسويسرا، وفي نهاية ٢٠٠٢ وصل المتوسط العام داخل دول الاتحاد الأوروبي إلي ٠,٢٦م٢/مواطن. وضع الاتحاد الأوروبي هدف للوصول بإجمالي السخانات الشمسية إلي ١٠٠ مليون متر مربع بحلول ٢٠١٠ يتم تركيبها في النمسا، وبلجيكا، وبريطانيا، والدنمارك، وفرنسا، وألمانيا، واليونان، وإيطاليا، وهولند، وأسبانيا وسيتطلب ذلك زيادة سنوية قدرها ٣٥% مقارنة بعام ٢٠٠٠ .

هذه النسب ما زالت ضعيفة مقارنة بإمكانات دول الاتحاد الأوروبي والتي تقدر ب١,٤ مليار متر مربع من السخانات الشمسية يمكنها توليد ٦٨٣ تيترا وات ساعة سنويا من الطاقة الحرارية.

وافقت الحكومة الألمانية في فبراير ٢٠٠٣ علي زيادة الحافز المالي للمواطن عند شرائه سخاناً شمسياً من ٩٢ يورو إلي ١٢٥ يورو لكل متر مربع من مسطح المجمعات الشمسية، مما كان له أثر ملحوظ علي نمو سوق السخانات الشمسية .

تعتبر نسبة استخدام السخانات الشمسية في أوروبا ضعيفة مقارنة بالصين والتي يوجد بها ٢٦ مليون متر مربع من هذه السخانات الشمسية التي تم تركيبها حتى عام ٢٠٠٠، كما ارتفع عدد المصنعين لمعدات أنظمة التسخين الشمسي إلي ١٠٠٠ مصنع في عام ٢٠٠١، وتهدف الحكومة الصينية إلي تركيب ٦٥



شكل (١٣أ) : سخانات المياه الشمسية في الصين .
المصدر : / Li Hua, RENEWABLE ENERGY WORLD, July

مليون متر مربع عام ٢٠٠٥، وتوجد توقعات بأنه إذا استمرت معدلات بناء المباني السكنية بنفس النسب المعلنة من جانب الحكومة الصينية وتم الالتزام بتزويد نسبة ولو يسيرة من هذه المباني السكنية الجديدة بالسخانات الشمسية ، فإن الصين ستصل إلي ٣ مليارات متر مربع من أنظمة التسخين الشمسي بحلول عام ٢٠١٠، ويرجع ذلك لوجود نقص في إمدادات الغاز الطبيعي والكهرباء لتسخين المياه.

شكل (١٤ أ): جزء من اكبر محطة مزدوجة (hybrid) في العالم تنتج ٣٥٤ ميجاوات من الطاقة الكهربائية الحرارية الشمسية في كاليفورنيا . يظهر في الصورة التوربين الغازي الذي يسهم بنسبة ٢٥% من إجمالي قدرة المحطة ، موضحا امكانية التوافق بين خرج كلا من النظام الشمسي والتقليدي.
المصدر: NREL
BREAKEVEN

شكل (١٤ ب): البرج الشمسي (سولار١) قدرة ١٠ ميجا وات في جنوب كاليفورنيا .
المصدر: U.S.D.O.E

إنتاج الكهرباء باستخدام الطاقة الشمسية الحرارية

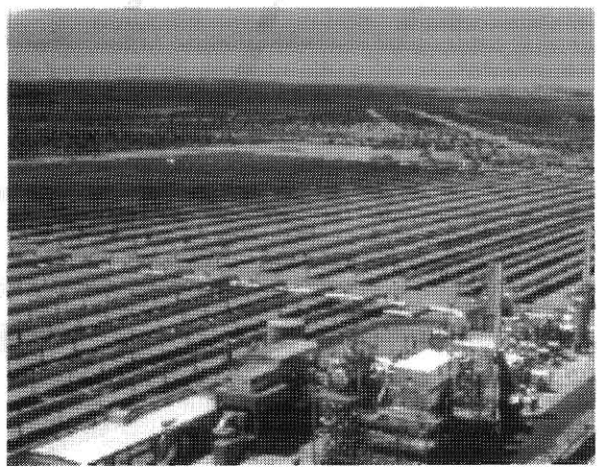
عندما يتم تركيز أشعة الشمس بواسطة الأسطح العاكسة ، فإن شدة الطاقة المنتجة تتزايد بصورة كبيرة، وهذا ييسر علينا الحصول علي درجات حرارة مرتفعة جدا لوسائط التسخين الموجودة في بؤرة الأسطح العاكسة، مما يساعد علي الحصول علي البخار اللازم لإنتاج الطاقة الكهربية .

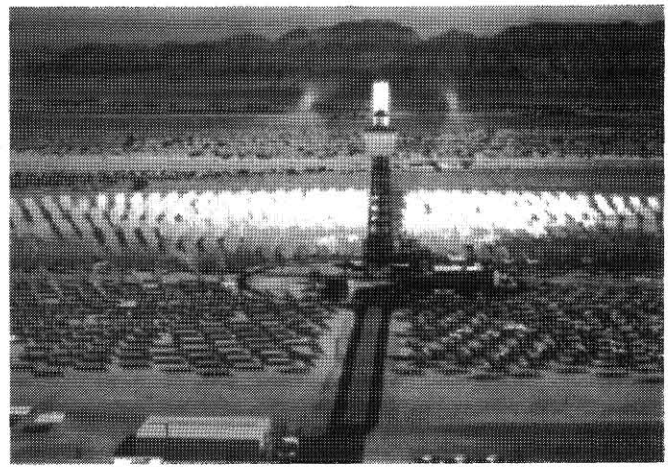
تسمي هذه التكنولوجيا "الطاقة الشمسية المركزة"
"Concentrating Solar Power (CSP)"
حيث يمكن استخدام ثلاثة أنواع مختلفة من المركزات الشمسية وهي: القطع المكافئ ، و أبراج الطاقة ودورة سترلينج. مركزات القطع المكافيء عبارة عن: مرايات طويلة علي شكل قطع مكافيء يتم تركيبها في صفوف طولية تقوم برفع درجة حرارة وسط التسخين الذي يمر في ماسورة طولية مثبتة في خط البؤرة الطولي لهذه المرايا العاكسة، ويقوم الوسط الناقل للحرارة بتحويل المياه إلي بخار يقوم بإدارة توربين بخاري أو غازي متصل بمولد الكهرباء.

أبراج الطاقة عبارة عن حقل من المرايا العاكسة (Heliostat) تركز الأشعة الشمسية الساقطة علي مستقبل مثبت أعلي قمة برج مرتفع عن الأرض وتقوم بتسخين الوسط الناقل للحرارة الذي يقوم بتحويل المياه إلي بخار يقوم بإدارة توربين بخاري أو غازي متصل بمولد الكهرباء.

المحركات الحرارية التي تعمل بنظام دورة ستر لينج توجه الطاقة الشمسية المنعكسة من الأسطح العاكسة علي مكبس ليقوم بتشغيل محرك من خلال غرفة تمدد الهواء، يتم تركيب كل محرك حراري علي المحاور الثلاثة التي تقوم بتوجيه المرايا العاكسة، وتمتاز هذه المحركات بعدم إجراء عمليات صيانة لها قبل فترة تتراوح من ٥٠ إلي ١٠٠ ألف ساعة تشغيل.

تم تجربة واختبار نظام مزدوج (محرك سترلنج/هليوستات) قدرة ٢٥ ك.وات لتوليد الكهرباء بالولايات المتحدة، وكانت كفائتة ٣٥% إلا أن هذا النظام ما زال يحتاج إلي المزيد من التطوير لضمان عمر أطول واعتمادية أكثر للمحرك ، وتكلفة أقل للمرايا العاكسة وكل هذه النقاط يمكن التوصل إليها بمزيد من التجارب.





أكبر نظام لتوليد الكهرباء حراريا من الطاقة الشمسية يوجد بجنوب كاليفورنيا بالولايات المتحدة، مكوناً من ٣ حقول من مركزات القطع المكافئ قدرة ٣٥٤ ميجاوات،تم تركيب المرحلة الأولي من المركزات في بداية الثمانينات ويعمل النظام بكامل طاقته منذ ١٧ عاما.

توجد أيضا محطة هاربر ليك قدرة ١٦٠ ميجاوات، ومحطة كرامر قدرة ١٥٠ ميجاوات،دروس كثيرة مستفادة من هذه المشاريع الهامة التي أثبتت جدواها العملية واعتماديتها.

يوجد برج شمسي قدرة ١٠ ميجاوات بجنوب كاليفورنيا بمرحلتيه سولار١ وسولار٢. (سولار ٢ في الواقع هي إعادة بناء سولار١ لتجربة واختبار سائل الصوديوم للانتقال الحراري والتخزين) حيث تم تقييم أدائه وكفائته.

وبالرغم من أن أنظمة الطاقة الشمسية المركزة لإنتاج الكهرباء تبلغ تكلفتها اليوم ما يعادل نصف تكلفة الخلايا الفوتوفولتية، فإن تطوير هذه الأنظمة لأحجام أكبر يسير ببطء لصعوبة ترويجها بالأسواق العالمية لوجود عوائق مالية وإدارية.

أهم عائق يكمن في أن بناء محطة شمسية لإنتاج الكهرباء يماثل بناء محطة لإنتاج الكهرباء تعمل بالوقود التقليدي وتستمر في سداد قيمة استهلاكها من الوقود لمدة ٣٠ عاما، يترتب علي ذلك أهمية توافر تمويل للمحطة الشمسية طوال فترة تشغيلها مع ضرورة وجود عائد ربح مجز للمستثمرين، بالإضافة إلي ذلك ، تفرض ضريبة علي المحطة بينما لا توجد ضرائب علي وقود المحطة التقليدية، وهذا يمثل عائقا وعقابا غير عادل للمحطة الشمسية، ويمكن التغلب علي هذه العوائق بتوفير قروض مدعومة قليلة التكلفة لتعويض اختلاف الرسوم الضريبية ، وبتقديم حوافز لإنتاج الكهرباء الشمسية ، وباستمرارية البحوث والتطوير الهادفة لتحسين كفاءة المرايا العاكسة والمركزات وأنظمة التخزين الشمسية.

أنظمة الطاقة الشمسية المركزة حساسة لأقصي درجة لمعدلات التغير في الإشعاع الشمسي لذلك لا بد من مراعاة تركيبها بالمناطق التي تسطع فيها الشمس لفترات طويلة وتكون جدواها الاقتصادية مرتفعة عندما تزيد قدرتها عن ٤٠٠ ميجاوات.

إذا تم التغلب علي جميع هذه العوائق، فإنه يتوقع بعد إنشاء العديد من المحطات الشمسية بقدرة ألاف قليلة من الميجاوات إن تنخفض تكلفة هذه المحطات لتنافس المحطات التقليدية، وأن تحقق عائداً اقتصادياً علي مدي الثلاثين عاما (عمرها الافتراضي) نتيجة عدم اعتمادها علي الوقود التقليدي ومدي توافره مستقبلا وتقلبات أسعاره المستمرة.

اقتصاديات هذه الأنظمة ستجذب المستثمرين قريبا، عندما يتم استخدام نظام مزدوج للتوليد الشمسي الحراري باستخدام تكنولوجيا المركزات الشمسية بالارتباط مع الدورة المركبة التي تستخدم الوقود الحفري ليلا، فيما يطلق عليه النظام المزدوج لتوليد الكهرباء باستخدام الطاقة الشمسية والوقود الحفري (ISCCS) ، وفي هذا النظام ستحل الطاقة الشمسية محل الوقود الحفري جزئيا وبالتالي ستخفض كثيرا من الانبعاثات الناتجة عن عمليات الاحتراق، وسيقلل من استهلاك الوقود التقليدي وبالتالي يخفض من تكلفته، ويحسن الأداء البيئي للمحطة، في الوقت الذي لا تمثل فيه التكلفة الهامشية للمكونات الشمسية نسبة كبيرة من إجمالي تكلفة محطة توليد الكهرباء بنظام الوقود الحفري.

يتم حاليا تطوير تصميمات لأنظمة CSP أصغر حجما تتراوح قدراتها بين ١٠٠ك.وات و ١ ميجاوات ، ومما يساعد علي نشر تطبيقات هذه الأنظمة إمكانية حصولها علي دعم مالي يعوض الفرق في تكلفة إنتاج الكيلووات ساعة المرتفع، وإمكانية تطوير تكنولوجيات التخزين الحراري لتكون قادرة علي تخزين الطاقة لفترات تصل إلي ١٢ ساعة، مما يحسن من إسهام الطاقة الشمسية في خرج الشبكة الكهربية، ويحسن من اقتصادياتها.

تزايد حاليا الاهتمام العالمي بأنظمة CSP من خلال تنفيذ مشروعات هامة بالعديد من الدول، ومن خلال تخصيص منح مالية لا ترد لهذه المشروعات من مرفق البيئة العالمي، فيجري حاليا الإعداد لتنفيذ محطات CSP في نيفادا بالولايات المتحدة، وأسبانيا، وقريبا في إسرائيل وجنوب أفريقيا. كما يوجد تمويل من مرفق البيئة العالمي قدره ٥٠ مليون دولار تم تقديمه لكل من المكسيك، مصر، المغرب، الهند لتنفيذ مشروعات CSP، كما يوجد اهتمام لدي كل من إيران، الجزائر، الأردن لتنفيذ مشروعات ISCCS .

توجد توقعات بالجدوى الاقتصادية لمشروعات CSP في حال تنفيذها في كل من اليونان، إيطاليا، البرتغال، استراليا، البرازيل، ليبيريا، تونس، الصين، ومن المتوقع أن يصل إجمالي قدرتها إلي ١٠٠ ألف ميجاوات علي مستوي العالم في خلال ٢٥ عاماً.

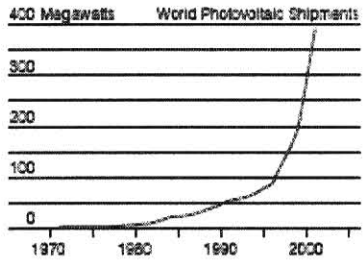
تكمن أهمية محطة نيفادا قدرة ٥٠ ميجاوات من مركزات القطع المكافيء أنها نتيجة مباشرة للسياسة الحكومية بالولاية، فقد تم إصدار

تشريع عام ٢٠٠١ يقضي بالتزام الولاية بتنفيذ سياسة إمامية حزمة الطاقة المتجددة(RPS) والذي سيتطلب أن تقوم مرافق إنتاج وتوزيع الكهرباء بالولاية والمملوكة للمستثمرين، بإمداد نسبة ٥% من مبيعاتها من الكهرباء المنتجة بالطاقة المتجددة (رياح ، باطن الأرض، شمسية، كتلة حيوية) خلال عام ٢٠٠٣ تقفز إلي ١٥% عام ٢٠١٣.

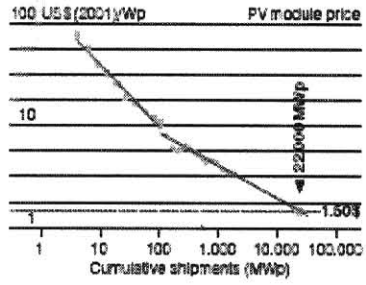
ولكي يتم ترويج سياسة (RPS) في ولاية يوجد بها بالفعل عدة محطات توليد للكهرباء من طاقة باطن الأرض ،ويمكن لطاقة الرياح بها أن تكون مصدرا منافسا، فإن ولاية نيفادا أضافت بوضوح المكون الشمسي تنفيذا لسياسة (RPS) والتي تنص علي أن تكون نسبة الطاقة الشمسية المستخدمة ٥% من إجمالي مصادر الطاقات المتجددة الأخرى، وسيتطلب ذلك إنشاء محطات كهربية شمسية بقدرة ٦٠ ميجاوات في خلال العشر سنوات القادمة.

وبالفعل وتنفيذا لسياسة (RPS) قررت الولاية إنشاء محطة حرارية شمسية من مركزات القطع المكافئ قدرة ٥٠ ميجاوات يمكن زيادتها مستقبلا إلي ٦٠ ميجاوات وستقوم شركة Duke Power بتنفيذ المشروع المقرر الانتهاء منه في نهاية عام ٢٠٠٥، سيقوم مرفق الكهرباء بالولاية بشراء كل إنتاج المحطة من الكهرباء من خلال عقد مبيعات مدته ٢٠ عاماً، ويضمن مرفق الكهرباء بالولاية تحقيق إيرادات كافية لدعم تمويل إنشاء وتشغيل المحطة، ومن المتوقع أن تقوم المحطة بإنتاج متوسط قدره ١٠٢,٤ ألف ميجاوات ساعة سنويا كافية للوفاء باحتياجات ٨٤٠٠ منزل متوسط الاستهلاك الشهري لكل منزل١٠٠٠ ك.و.س.شهريا (بيوت كبيرة تستهلك كهرباء بمعدلات عالية لتكييف الهواء نظرا لطبيعة المناخ الحار جدا في ولاية نيفادا) .

الخبرات المكتسبة من محطات القطع المكافيء ستساعد علي خفض تكلفتها ودعمها بالولايات المتحدة ، لتعبر عن أهمية السياسات الحكومية في نشر استخدام تطبيقات الطاقة المتجددة.



شكل (١٥أ): الزيادة المستمرة في المعدل العالمي لتصدير الخلايا الفوتوفولتية ، حيث تجاوزت ٥٠٠ ميجاوات عام ٢٠٠٢.
المصدر : Paul Maycock



شكل (١٥ ب) : منحنيات كميات وأسعار الخلايا الفوتوفولتية في الفترة من عام ١٩٧٦ إلى عام ٢٠٠١وتوقعات بوصول السعر إلي ١,٥٠ دولار/وات ، ومدى علاقة الإنتاج الكمي الكبير بخفض التكلفة .
المصدر : Dr John Byrne

إنتاج الطاقة الكهربية الفوتوفولتية الشمسية

تعتبر تكنولوجيا هذه الطاقة الأكثر شيوعا اليوم نتيجة تطبيقاتها المتعددة، والدعاية الإعلامية المكثفة وسياسات الدعم المالي لأنظمة إنتاج الكهرباء باستخدام الخلايا الفوتوفولتية(PV) ، وبالرغم من كونها حاليا الأعلى سعرا بين جميع تكنولوجيات إنتاج الطاقة، إلا إنها أكثر الأنظمة سهولة في التركيب والأرخص في الصيانة، وتمدنا بمنتج ذى قيمة مرتفعة - الكهرباء - ، ويتم تركيبها وتشغيلها في نفس موقع استخدامها لتوفر علينا تكلفة ومخاطر حدوث أية أعطال بالبنية التحتية.

يتم استخدام الخلايا الفوتوفولتية في تشغيل محطات الإرسال السلكية واللاسلكية، إشارات المرور، أنظمة الحماية الكاثودية لصدأ الكباري المعدنية وخطوط نقل البترول والغاز ، ثلاجات حفظ الأدوية، إضاءة المنازل والقرى، شحن بطاريات السيارات،وغيرها من التطبيقات الأخرى.

يتم تغطية أسطح المباني التجارية والفنادق بالخلايا الفوتوفولتية لتكون مصدرا لإمدادها بالطاقة الكهربية، ومصدرا للعزل الحراري بتظليل الأسقف مما يخفف من الحمل الحراري المطلوب لتكييف الهواء الداخلي لتلك المباني.

لاحظت الشركة الموردة للأنظمة الفوتوفولتية لأكثر من نصف المراكز التجارية بالولايات المتحدة، أن إجمالي قدرة الأنظمة التي تم تركيبها قد ارتفع من ٩٤ ك.وات عام ٢٠٠٠، إلي ٢٦٠ ك.وات عام ٢٠٠٢ ، إلي ٣٥٠ م.وات عام ٢٠٠٣. وذلك بخلاف العديد من الأنظمة الفوتوفولتية الأخرى التي تزيد قدرتها عن ١ ميجاوات.

عندما يتم ربط خرج الأنظمة الفوتوفولتية بالشبكة الكهربية(متعددة المصادر) والتي يتم تغذيتها من مصادر متعددة، فإنه من المستحيل لأي إرهابي تدمير تلك المحطة وإظلامه للمدينة نظرا لأن نظام الخلايا الفوتوفولتية المتكاملة الموزعة علي الشبكة يحول دون أن يتمكن أحد الإرهابيين من تدمير هذا النظام كله، وجود شبكات متعددة المصادر يغني عن إقامة محطات الطاقة المركزية، ومحطات المحولات ، وخطوط نقل الكهرباء، وذلك في المدن التي تقوم بإنتاج وتوزيع الكهرباء في نفس الموقع، وهذا يؤدي أيضا إلي تجنب حدوث العديد من المشكلات عند انهيار الشبكة أو انقطاع الطاقة مثلما حدث للجانب الشمالي الشرقي بالولايات المتحدة في أغسطس ٢٠٠٣ وفي ايطاليا في سبتمبر.

إن بناء أنظمة فوتوفولتية متكاملة (BIPV) ، مع توفير قدر يسير من تخزين الطاقة يسهم في استمرارية عمل المصالح الحكومية ، وأجهزة الطوارىء، ويحافظ علي تكامل وأمن البنية التحتية حيث تستمر إنارة الشوارع وأجهزة الاتصالات في العمل دون انقطاع، كما تستمر خدمات الأمن وباقي الخدمات الأساسية في المباني السكنية والحكومية التي يوجد لديها أنظمة توليد كهربية خاصة بها.

تنمو صناعة الخلايا الفوتوفولتية علي مستوي العالم بإيقاع سريع مثير للدهشة، فقد تم تصنيع خلايا فوتوفولتية قدرة ٥٦٠ ميجاوات وصلت قيمة مبيعاتها عام ٢٠٠٢ إلي ٣,٥ مليارات دولار ومن المتوقع أن ترتفع إلي ٢٧,٥ مليار دولار بحلول عام ٢٠١٢، وتتزايد قيمة مبيعات هذه الأنظمة بمقدار الضعف كل عامين منذ بداية هذه الألفية.

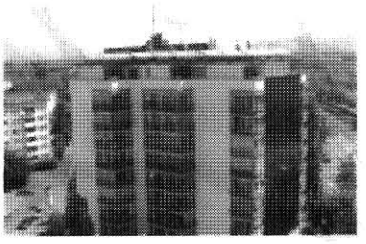
تكنولوجيا صناعة الخلايا الفوتوفولتية مستمرة في تطورها وتقدمها ولا تعتمد علي تكنولوجيا واحدة(مثلما حدث مع شرائط الفيديو كاسيت VHS والتي أخرجت شرائط نظام البيتا من السوق)، مازالت أكثر تكنولوجيا مستخدمة حتى الآن في صناعة الخلايا الفوتوفولتية هي خلايا السيلكون أحادية البلورة ومتعدد البلورة لكفاءتهم العالية حيث كانت نسبة مبيعاتهما حوالي ٩٣% من إجمالي التكنولوجيات الأخرى المستخدمة في إنتاج الخلايا الفوتوفولتية عام ٢٠٠٢، وتوجد أنواع أخري من التكنولوجيات المستخدمة مثل السليكون غير المبلور أحادي ومتعدد الأقطاب وهو ما يسمي بالأمورفاص سيليكون، كما تم إنتاج خلايا من بعض المركبات مثل الكاديوم فلورايد Cdte ، والكاديوم سلفايد CDs، والانديوم فوسفايد InS، وبالرغم من أن كفاءة هذه المركبات أقل بكثير من السليكون إلا أنها تعتبر أطول عمرا وأقل سعرا من الخلايا السليكونية ، وتستخدم بكثرة كواجهات للمباني الشمسية .

تمتاز الخلايا الفوتوفولتية بإمكانية استخدامها كمادة من مواد البناء حيث يمكن تركيبها كواجهة زجاجية للمباني والنوافذ، كما أن السيلكون هو أكثر العناصر توافرا علي سطح الأرض وغير سام وهذا يدعم الاتجاه الحالي في الابتعاد عن استخدام أي مواد نادرة أو لها تأثيرات سامة.

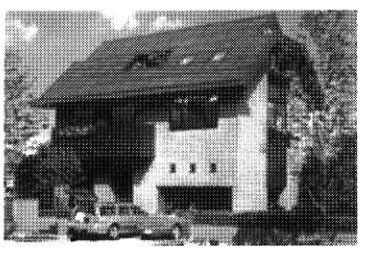
الخلايا السليكونية غير البللورية ذات الغشاء الرقيق (Thin Films) لها القدرة علي امتصاص حزمة الأشعة الشمسية بكفاءة عالية لتتساوي مع الخلايا المبلورة.

تباع الخلايا الفوتوفولتية بالوات وليس بالمتر المربع ، لذلك فإنه يمكن تركيب أنواع من الخلايا الفوتوفولتية منخفضة الكفاءة والتكلفة في واجهات المباني (الحوائط، والأسقف، والنوافذ الزجاجية) ، إلا أنه يجب أن نشير إلي أن الخلايا الفوتوفولتية الأحادية والمتعددة البلورة ستستمر في تفوقها علي باقي التكنولوجيات الأخرى خلال العقدين القادمين.

وحينما تقاس قيمتها بما تنتجه من كيلووات ساعة فإننا بذلك نبخسها حقها ونقلل من قيمتها. فمثلا، عندما تقوم الخلايا الفوتوفولتية بتشغيل تليفونات الطوارئ الموجودة علي جانبي الطرق السريعة، فإن تكلفة الطاقة المولدة بواسطة الخلايا الفوتوفولتية الصغيرة العدد هي



شكل (١٦ب) : مبني سكني في مدينة فريبورج بألمانيا، تم تركيب سخانات مياه شمسية علي سطحه العلوي، وخلايا فوتوفولتية لتوليد الكهرباء علي واجهته الجنوبية.



شكل (١٦أ): الخلايا الفوتوفولتية علي سطح أحد المنازل باليابان
المصدر: Japan Photovoltaic Association

١ دولار/ك.و.س، إلا أن تكلفة التليفون ستقل بمبلغ ٥٠٠٠ دولار نتيجة عدم الحاجة لمد خطوط ربط التليفونات ببعضها البعض تحت الأرض، وهذا يعني أن استخدام الخلايا الفوتوفولتية يسمح غالبا بتقليل التكلفة الإجمالية للمشروع .

وبنفس الدرجة من الأهمية فإن قيمة الخلايا الفوتوفولتية تبرز من خلال قيامها بالوفاء بالاحتياجات الأساسية للبشرية فمثلا، في الهند وفي نهاية عام ٢٠٠٢ تم تركيب عدد ٥٠٨٤ نظام فوتوفولتي لضخ المياه العذبة بالمناطق الريفية المعزولة، وبقدرة إجمالية تصل إلي ٥,٥٥ ميجاوات، وتم كهربة ٢٤٠٠ قرية ونجع بالخلايا الفوتوفولتية ، وهذا يعني أن بإمكان الخلايا الفوتوفولتية إمداد الفقراء بالمناطق النائية بمياه الشرب وإنارة منازلهم مما يؤكد جدواها ومنافعها.

المحطات الأرضية المركزية الكبيرة لتوليد القوي بالخلايا الفوتوفولتية في المناطق المشمسة ستصبح ذات أهمية في المستقبل ، ومثل هذه التطبيقات أصبحت ذات جدوى لاستمرار التقدم و التحسن في كفاءة الخلايا الفوتوفولتية ، وقتوصل أحد المصانع اليابانية عام ٢٠٠٣ إلي إنتاج خلايا فوتوفولتية من السليكون المبلور تصل كفاءتها لتحويل الطاقة الشمسية إلي كهرباء إلي ٢٠% ، كما أنه يوجد رقم قياسي عالمي تم التوصل أليه عام ٢٠٠٣ لكفاءة تحويل الطاقة الشمسية إلي كهرباء وهو ٣٦,٩% لخلية مزدوجة صممت لتستخدم مع مركز شمسي يتتبع حركة الشمس، ونظرا لأن تكلفة المرايا الشمسية أقل من الخلايا الفوتوفولتية .لذلك فإن هذا الأنجاز سيساعد كثيرا علي تقليل تكلفة الطاقة التي يمكن الحصول عليها من مثل هذه التطبيقات الشمسية الضخمة.

في الولايات المتحدة ، كمثال، فإن نسبة يسيرة من الأرض التي توجد بها محطة التجارب والاختبارات بجنوب نيفادا المملوكة للحكومة يمكنها نظريا إنتاج كهرباء تفي باحتياجات كل الولايات المتحدة كميا (تم تجاهل صعوبة نقل الطاقة الكهربية عبر البلاد والمقصود هو توضيح ضخامة إنتاج هذا المصدر).

أهم تطبيقات للخلايا الفوتوفولتية اليوم نجدها علي أسقف المباني، وأكثر الدول اليوم استخداما للخلايا الفوتوفولتية علي أسقف المباني هي اليابان وألمانيا. قامت اليابان بتقديم دعم كبير لهذه التكنولوجيا منذ عام ١٩٩٤ ، مما ساعد علي ترويج هذه السوق لديها، بينما نجد أن الدعم في ألمانيا قد انتشر ليشمل كل قطاعات استهلاك الكهرباء من خلال سياسة feed – in والتي تدعم أسعار الكهرباء المنتجة من الخلايا الفوتوفولتية . هذه السياسات، في المقابل، ساعدت المصنعين اليابانيين والألمان علي خفض أسعار منتجاتهم نتيجة الإنتاج الكمي الضخم وانفتاح الأسواق العالمية أمام رخص أسعارهم.

وقد تم دعم السياسات الألمانية واليابانية بالأهداف القومية بعيدة المدى لزيادة إسهام مصادر الطاقة المتجددة لمنافعها الاقتصادية والاجتماعية العديدة، هذه السياسة قفزت باليابان لتكون الدولة الأولي في العالم إنتاجا للخلايا الفوتوفولتية حيث قامت بتصنيع ٤٩,١% من إجمالي الخلايا الفوتوفولتية المنتجة عالميا عام ٢٠٠٢ ، مصنع واحد فقط في اليابان تفوق علي جميع المناطق الأخرى بالعالم بإنتاج ١٢٣,٠٧ ميجاوات عام ٢٠٠٢، وهناك مصنع ثان باليابان أعلن أنه يخطط لإنتاج أكثر من ١٠٠ ميجاوات سنويا حتى نهاية ٢٠٠٥، وقد قامت أوروبا عام ٢٠٠٢ بإنتاج ١٣٥ ميجاوات أي ما يعادل ٢٤% من الإنتاج العالمي بينما قامت الولايات المتحدة بإنتاج ١٢٠,٦ ميجاوات أي ٢١,٥% والنسبة الباقية وقدرها ٤,٨% أي ما يعادل ٥٥ ميجاوات قامت باقي دول العالم بإنتاجها.

أكثر ٣ برامج قومية فعالة للخلايا الفوتوفولتية في العالم هي : برنامج "الخلايا الفوتوفولتية للمباني

السكنية" باليابان ، وبرنامج " المائة ألف سقف مبني مجهز بالخلايا الفوتوفولتية" في ألمانيا ، وبرنامج " ملايين الأسقف " بالولايات المتحدة، وبالرغم من أن البرامج الألمانية واليابانية يتم دعمها بقوة بسياسات مستقرة ودعم مالي كبير لضمان تحقيق الأهداف المرجوة منها، فإن البرنامج الأمريكي يعتبر تطوعيا.

تركيب أنظمة الخلايا الفوتوفولتية يستمر بانتظام في ألمانيا واليابان وفي العديد من الدول الأوروبية الأخرى. وصلت تطبيقات البرنامج الياباني للخلايا الفوتوفولتية والذي انتهي عام ٢٠٠٣ إلي تجهيز أكثر من ٣٢ ألف منزل خاص عام ٢٠٠٢، و٤٠ ألف منزل خاص عام ٢٠٠٣ ، وبذلك يقفز برنامجهم الأصلي (تجهيز ٧٠ ألف منزل) إلي (تجهيز ١١٧٥٠٠ منزل) ! بلغت إجمالي مصروفات الحكومة اليابانية علي هذا البرنامج ٧٣٩ مليون دولار أمريكي علي مدي ٥ سنوات مالية (١٩٩٩ ـ ٢٠٠٣) ، وقد قررت الحكومة اليابانية مد هذا البرنامج لمدة ٣ سنوات إضافية لينتهي في عام ٢٠٠٦ وسوف يساعد هذا البرنامج اليابان علي تحقيق هدفها في إنتاج ٥٠٠ ميجاوات من الخلايا الفوتوفولتية سنويا ، حيث سيتم إنتاج ٢٥٠ ميجاوات محليا ويتم تصدير مثلهم إلي الخارج، وفي السنة المالية ٢٠٠٣ تم استثمار ٢١٨,٨ مليون دولار لبحوث وتطوير الخلايا الفوتوفولتية وترويجها .

معدل نمو تطبيقات الخلايا الفوتوفولتية في ألمانيا كبير نتيجة تطبيق برنامج " المائة ألف سقف مبني مجهز بالخلايا الفوتوفولتية"، حيث تطورت القدرة الإجمالية للخلايا الفوتوفولتية التي تم تركيبها في ألمانيا من ٦٨ ميجاوات عام ١٩٩٩ إلي ٢٧٨ ميجاوات عام ٢٠٠٣ تنتج ١٩٠ جيجا وات ساعة، وفي نهاية عام ٢٠٠٢ تم الانتهاء من تجهيز ٥٥ ألف مبني بأنظمة الخلايا الفوتوفولتية ووصلت نسبة توصيلهم بالشبكة الكهربائية إلي ٩٨% ، وبلغت كمية الكهرباء المنتجة من أنظمة الخلايا الفوتوفولتية المركبة علي أسطح المباني إلي ٧٨ ميجاوات عام ٢٠٠٢ بينما كانت ٦٠ ميجاوات من الأجهزة التي تم تركيبها عام ٢٠٠١ ، وبذلك وصل إجمالي قدرة كهرباء الأسقف الفوتوفولتية إلي ٢٠٠ ميجاوات .

سياسة القروض الميسرة القليلة الفائدة، والحوافز، والدعم المالي ، بالاشتراك مع سياسة تغذية الشبكة بالكهرباء feed – in ، يتوقع لها الاستمرار لزيادة معدل تركيب الأسقف الفوتوفولتية .

النتيجة المباشرة لتلك السياسات المطبقة في ألمانيا هي أنه يوجد بها حاليا ٦٠% من إجمالي الأنظمة التي تم تركيبها في دول الاتحاد الأوروبي، يليها إيطاليا، فسويسرا، والتي يصل حجم التركيبات بكل منهما إلي ١٠% من تلك الموجودة بألمانيا ولكن عندما يؤخذ في الاعتبار عدد السكان فإن سويسرا تعتبر الدولة الأولي في الاتحاد الأوروبي بنسبة ٢,٨ وات / مواطن، يليها ألمانيا بنسبة ٢,٣ وات/ مواطن، فهولندا بنسبة ١,١ وات / مواطن .

من الأهمية بمكان ملاحظة أن المتوسط اليومي الفعلي لإنتاج الطاقة الكهربية من الأسقف الفوتوفولتية في ألمانيا هو ٢,٢٣ ك.و.س./ك.وات (تم قياسه علي مدار العام) ، وهو يعادل نصف كمية الكهرباء الممكن توليدها في الدول ذات المناخ الحار المشمس، وذلك يوضح أهمية السياسات الحكومية المستقرة وبرامج الدعم والتمويل في توضيح أن التطبيقات الفوتوفولتية لا تتطلب "أفضل مناخ شمسي" ولكن يكفيها "مناخ شمسي مناسب" و "سياسات مستقرة " .

في بعض الأحيان يكون خيار الخلايا الفوتوفولتية هو الخيار الأقل تكلفة بالنسبة للتطبيقات بالمناطق النائية والمنعزلة مما لا يستدعي وجود تبريرات اقتصادية، إلا أن التكلفة المرتفعة الواضحة لتطبيقات الخلايا الفوتوفولتية بالمناطق الحضرية تمثل عائقاً أمام نشر استخداماتها، ولحسن الحظ فإن تكلفة الأنظمة الفوتوفولتية تنخفض بمعدل سريع، فتكلفة الخلايا الفوتوفولتية الآن تسليم المصنع تتراوح بين ٢ و ٣ دولارات/ وات، بينما يمكن تركيب وتشغيل نظام فوتوفولتي متكامل بالولايات المتحدة بتكلفة تتراوح بين ٥ و ٧ دولارات/وات وبدون أي دعم ، واختلاف السعر هنا يعتمد علي حجم النظام المطلوب تركيبه .

سعر النظام كاملا شاملا التركيب والتشغيل في اليابان هو ٦,٥ دولارات/وات في عام ٢٠٠٢ وبدون أي دعم حكومي .

حينما يكون هناك دعم حكومي أو حجم إنتاج كمي أو كلاهما، فإن تكلفة الشراء تنخفض إلي ٣ دولارات/ وات للنظام المتكامل وعندها سيتراوح السعر المخصم الفعلي علي مدي ٣٠ عاما بين ٨ و ١٢سنت أمريكي/ك.و.س. مما يجعل الخلايا الفوتوفولتية ليست منافسة فقط مع أسعار مرفق الكهرباء ولكنها من المحتمل أيضا أن تكون أرخص بديل لكون أسعار الكهرباء التقليدية في ارتفاع مستمر نتيجة للزيادات المستمرة بأسعار الوقود الحفري، بجوار ميزة أخري وهي أن سعر الكهرباء الفوتوفولتية سيظل ثابتا طيلة العمر الأفتراضي للنظام . (فترة الضمان الحالية للأنظمة الفوتوفولتية تتراوح بين ٢٠ و ٢٥

عام إلا أنها يمكنها الاستمرار في العمل لضعف هذه الفترة) .

بعض التنبؤات تشير إلي أن هذه التكلفة المنخفضة ستتحقق في خلال ١٠ سنوات من الآن، وتوقعت أيضا أن يكون معدل حركة الشحن والتصدير حوالي ١٠ آلاف ميجا وات في العام ، وفي حالة زيادة الإنتاج بمعدل ٢٥% سنويا في الفترة من ٢٠٠٠ إلي ٢٠١٠ فإن الإنتاج العالمي السنوي للخلايا الفوتوفولتية سيصبح ٢٥٠٠ ميجا وات بحلول عام ٢٠١٠ ، بينما في حالة زيادة الإنتاج بمعدل ٥٠% سنويا في الفترة من ٢٠٠٠ إلي ٢٠١٠ فإن الإنتاج العالمي السنوي للخلايا الفوتوفولتية سيصبح ١٦ ألف ميجا وات بحلول عام ٢٠١٠.

وقد أشارت تنبؤات أخرى صدرت حديثا بأنه في حال انخفاض التكلفة إلي ١,٥ دولار/ وات للخلايا الفوتوفولتية و ٣ دولار/وات للنظام المتكامل شاملا التركيب، فإن هذه الصناعة ستحتاج إلي استثمارات تتراوح بين ٢٥ و ١١٤ مليار دولار في الفترة ٢٠٠٠ – ٢٠١٠ تنفق سواء كرأس مال عامل أو دعم مالي للمستفيدين النهائيين أو لدعم المصنعين .

إن تكنولوجيا الخلايا الفوتوفولتية الشمسية مع الاتجاه إلي تحسين كفاءة استخدام الطاقة، و التصميمات المستدامة للمباني وتكاملها مع الشبكات الكهربية، سيسهم بدرجة فعالة في الوفاء باحتياجات الطاقة في العديد من دول العالم .

ستؤدي استخدامات الخلايا الفوتوفولتية في الدول النامية والمتقدمة علي حد سواء ، إلي خلق فرص عمل جديدة وتقوية الاقتصاد المحلي وتحسين البيئة المحيطة وتحديث البنية التحتية وتوفير الأمان للمجتمع.

تقدر استثمارات صناعة الخلايا الفوتوفولتية حاليا بعدة مليارات من الدولارات ، وتنمو عالميا بمعدل ٤٠% سنويا مما يتيح الفرصة لتقدم الاقتصاد وزيادة تنافسية الأسواق العالمية وتلعب كل من ألمانيا واليابان دورا كبيرا في تنمية وتطوير هذه الصناعة .

وسائل دعم تطوير تكنولوجيات الطاقة المتجددة وتطبيقاتها محليا وقوميا

الوفاء بالالتزامات الدولية بخفض الانبعاثات

الهدف الرئيسى للتوسع فى تطبيقات الطاقة المتجددة في جميع الدول عدا الولايات المتحدة هو تحقيق الالتزامات القومية لخفض انبعاثات غازات الاحتباس الحراري المتفق عليها في معاهدة كيوتو (مؤتمر كيوتو للأطراف الذي عقد عام ١٩٩٧-COP3) بمشاركة ٥٥ دولة، وقد بلغ عدد الدول التي صدقت علي بروتوكول كيوتو حتى أكتوبر ٢٠٠٤ "١٢٦" دولة بعد انضمام روسيا إليها ، وبهذا يدخل البروتوكول حيز التنفيذ حيث تنص لائحته التنفيذية علي أن تنفيذه يبدأ فعليا بتصديق الولايات المتحدة الأمريكية أو روسيا أو كليهما والتي تبلغ حجم انبعاثاتهما معا ٥٣%، وقد صدقت المفوضية الأوربية علي المشاركة فيه ووضعت مباديء حازمة لدعم أهدافه ، فقد حددت علي سبيل المثال نسبا لاستخدام الطاقة المتجددة لتصبح ١٢% من إجمالي استخدام الطاقة في دول الاتحاد الأوروبي بحلول عام ٢٠١٠ ، ولتصل نسبة استخدام الطاقة المتجددة في قطاع الكهرباء إلي ٢٢,١% في ٢٠١٠، وستتبنى المفوضية الأوربية تلك السياسة بغض النظر عن تطبيق تلك الاتفاقية أو عدمه ، وقد اتخذت اليابان خطوات في هذا الطريق عام ٢٠٠٣ بفرض ضريبة بيئية بهدف تدبير التمويل اللازم لتقليل نسبة الانبعاثات إلي المستويات المصرح بها في بروتوكول كيوتو ، وفي خضم تلك الأهداف المعلنة من جانب المفوضية الأوربية والخاصة بتحديد نسب معينة لخفض انبعاثات الكربون (مقارنة بنسب عام ١٩٩٠)، تم عرض الأمر علي الدول الأعضاء بالاتحاد الأوربي، إلا أن أهدافهم وصلت إلي أكثر من ذلك بكثير ، فعلي سبيل المثال ، صرح رئيس الوزراء البريطاني أنه سيتم خفض نسبة انبعاث غازات الاحتباس الحراري إلي ٦٠% بحلول عام ٢٠٥٠، وتهدف ألمانيا إلي الوصول لنسبة ٨٠% بحلول عام ٢٠٥٠ ، وذلك نتيجة الالتزام باتباع سياسة الطاقة المتجددة بعيدة المدى (وسنتناول ذلك تفصيليا في باب آخر من هذا الكتاب).

الالتزام بخفض نسب الكربون يعد من الأهداف بعيدة المدى التي تؤدي إلي تأكيد أهمية تطبيق استخدامات تكنولوجيا الطاقة المتجددة ونشرها، وكذلك الصناعات القائمة عليها، وذلك في الأعوام التي تلي عام ٢٠١٠ ، كما هو الحال في انجلترا حيث ستصل نسبة إنتاج الطاقة المتجددة من إجمالي الطاقة الأولية المنتجة إلي ما يقرب من ٢٠% عام ٢٠٢٠، وفي اسكتلندا ستصل النسبة إلي ٤٠% عام ٢٠٢٠ ، وفي ألمانيا ستصل النسبة إلي ٤٠% من إجمالي مصادر الطاقة الأولية، و ٦٥% من إنتاج الكهرباء بواسطة الطاقة المتجددة وذلك بحلول عام ٢٠٥٠ .

وستظل الأهداف أهدافا جامدة لا تخرج إلي حيز التطبيق بدون توفير الدعم المالي الكافي بالإضافة إلي إصدار التشريعات والقوانين الحازمة.

وهناك أهداف بعيدة المدى لتخفيض نسب انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، منها خلق إطار عمل منطقي للحكومات يمكن من خلاله الالتزام بتنفيذ سياسات وبرامج الإمداد بالطاقة، ووضع نظام للالتزامات المالية السنوية والذي بدونه سيكون هناك عائق كبير أمام تحقيق هذه الأهداف .

> ويمكن القول انه من الممكن ان تنخفض نسبة انبعاثات غازات الاحتباس الحراري في حالة إتباع سياسات وبرامج صارمة، لزيادة كفاءة استخدام الطاقة وخاصة في الدول الصناعية وبتكاليف اقل أو بدون تكاليف علي الإطلاق علي اقتصادياتها في المدى البعيد ، وعلي العكس فان هناك العديد من الدراسات التي توضح أن زيادة النفقات علي المدى القريب يمكن أن يتوازن مع ما توفره صناعات الطاقة المتجددة تحسن الكفاءة علي المدى البعيد، من خلال خلق فرص عمل جديدة والتي ستؤدي بدورها إلي تدفق الأموال علي المجتمع ، وتحفيز جميع قطاعات الاقتصاد، وبالتالي فان تخفيض نسبة غازات الاحتباس الحراري

زيادة الإنفاق علي الطاقة، وخلق فرص عمل جديدة

تتعدد الأسباب المنطقية وراء الاهتمام بتطبيقات الطاقة المتجددة ولا تقتصر علي العوامل البيئية فقط، وقد جاء بالبيان الذي ذكر في افتتاح مجلس البرلمان الأوربي في٢٧/ سبتمبر ٢٠٠١ :-

(أن المجتمع يدرك تماما الحاجة إلي ترويج مصادر الطاقة المتجددة كأختيار أفضل وأولي لأن تطبيقاتها تسهم في حماية البيئة و التنمية المستدامة ، بالإضافة إلي خلق فرص عمل محلية ينتج عنها تأثير إيجابي في الترابط الاجتماعي، كما أنها تسهم في دعم الأمان للدول لتلبية احتياجاتها من الطاقة).

> ان الفوائد الاقتصادية التي تنتج من جراء تطوير تكنولوجيا الطاقة المتجددة، وتطبيق هذه التكنولوجيا محليا، يعد شيئا هاما لاقتصاد المجتمعات حيث يؤدي إلي توفير فرص عمل ودعم الاقتصاد ، ومن الواضح ان سياسات دعم الطاقة المتجددة تتناسب مع كافة الحكومات وليس مع هيئات أنتاج الكهرباء، لأن هذه الهيئات ليست مسئولة عن خلق فرص عمل جديدة والتي ستسئل عنها الحكومات .

وفي ضوء الحديث عما توفره الطاقة المتجددة من فرص عمل فقد قام معهد أبحاث بالولايات المتحدة الأمريكية بإعداد دراسة تفيد بأنه في حالة الاستثمار لزيادة نسبة مشاركة الطاقة المتجددة في توليد الكهرباء بنسبة ٢٠% ، فإن ذلك سيؤدي بدوره إلي خلق فرص عمل تعادل من ٣ إلي ٥ أضعاف الوظائف التي كان سيوفرها استخدام الوقود الحفري فقط .

وقد أشار معهد (وورلد وتش) الأمريكي إلي أن أنظمة الطاقة الحرارية الشمسية ستقوم بتوفير وظائف تعادل من ٢ إلي ٢,٥ ضعف الوظائف التي سيوفرها الفحم أو الطاقة النووية ، وقد قدرت الوظائف المباشرة وغير المباشرة و التي وفرتها طاقة الرياح عام ١٩٩٩ بحوالي ٣١,٠٠٠ وظيفة جديدة وقد تضاعفت بعد ذلك تطبيقات الطاقة المتجددة في العالم وأدت إلي خلق ألاف الوظائف .

وعلي مدار الإثني عشر عاما السابقة (١٩٩١ -٢٠٠٢) وبعد تصديق البرلمان الألماني (البوندستاج) علي قانون تغذية الشبكة بالكهرباء (Feed–In Law) عام ١٩٩٠ ، والذي أعطي ضمانا لمنتجي الكهرباء المتجددة (شمس – رياح) بأن سعرهم (الجمله) لبيع الكهرباء يعادل ٩٠% من أجمالي سعر بيع الكهرباء لمواطنين(تجزئة)، وأدي ذلك إلي إسهام هذه التكنولوجيات المتجددة بنسبة ٥% من إنتاج الكهرباء عام ٢٠٠٢ بالإضافة إلي توفير ما يقرب من ٤٠,٠٠٠ وظيفة جديدة .

في المقابل فإن الطاقة النووية في ألمانيا والتي تقوم بتوليد ٣٠% من إجمالي الطاقة قد وفرت ٣٨٠٠٠ وظيفة فقط ، وهذا يؤكد كفاءة الطاقة المتجددة وقدرتها علي توفير الوظائف بمقدار عشرة أضعاف الطاقة النووية.

من ناحية أخري فإن السعي لتحقيق الهدف الألماني والذي يهدف إلي مضاعفة استخدام الطاقة المتجددة بنسبة ١٠٠% بحلول عام ٢٠١٠ (من ٦% حاليا إلي ١٢ % عام ٢٠١٠)، سيؤدي بدوره إلي توفير أكثرمن ٣٥٠٠٠ فرصة عمل جديدة.

لقد وفرت صناعة أنظمة الخلايا الفوتوفولتية في الولايات المتحدة الأمريكية ما يقرب من ٢٥٠٠٠ وظيفة جديدة حيث وصل إنتاجها السنوي ومبيعاتها إلي ١٠٠ ميجاوات عام ٢٠٠٢ ، وقد توقعت وزارة الطاقة الأمريكية، أنه في حالة تصنيع خلايا فوتوفولتية بقدرات تبلغ ٤٨٠ ميجاوات/عام فإن ذلك سيساعد علي خلق فرص عمل جديدة تقدر بحوالي ٦٨٠٠٠ وظيفة (مباشرة وغير مباشرة). وهناك تقدير آخر صدر حديثا يوضح أن الأنظمة الفوتوفولتية سوف توفر ٣٠٠٠٠٠ وظيفة جديدة بحلول عام ٢٠٢٥ في الولايات المتحدة ، وهذا بدوره سيضع صناعة الخلايا الفوتوفولتية في مرتبة تتساوي مع صناعة الكمبيوتر في الولايات المتحدة مثل شركات Dell, Sun Microsystem ، ويمكن أن تصل إلي نفس مرتبة شركة جنرال موتورز، وهو أيضا يعادل عدد الوظائف التي ستوفرها صناعة معدات الطاقة الحيوية وتبلغ ٢٨٤,٠٠٠ وظيفة حينما يصل إجمالي نشاطها السنوي لحوالي ٦ مليارات دولار.

و ستؤدي سياسة الطاقة الألمانية بعيدة المدى والتي سيتم توضيحها فيما بعد في هذا الكتاب، إلي توفير ما بين ٢٥٠٠٠٠ إلي ٣٥٠٠٠٠وظيفة جديدة بحلول عام ٢٠٥٠ .

والجدير بالذكر أن خلق فرص عمل جديدة ينتج عنه منافع اقتصادية متعددة، وعلي سبيل المثال، فإنه طبقا لتحليل المدخلات والمخرجات الذي أعدته وزارة الطاقة الأمريكية عام ١٩٩٢عن الأثر الاقتصادي الذي سيحققه إنشاء مصنع لإنتاج ١٠ ميجاوات من الخلايا الفوتوفولتية في منطقة فير فيلد Fairfield بكاليفورنيا بالقرب من سان

فرانسيسكو، فإن إيرادا قدره ٥٥ مليون دولار سنويا سيتحقق من المبيعات المباشرة وغير المباشرة، بالإضافة إلي المنافع الاقتصادية الناتجة من الأنشطة المتعلقة بموقع المحطة والعاملين فيها والمبيعات المباشرة وغير المباشرة ليصل الإيراد إلي ٣٠٠ مليون دولار في العام ، ويؤدي ذلك إلي تضاعف الفوائد الاقتصادية المحلية والإقليمية بنسبة ٥٠٠%، وبالتالي ستزيد إيرادات الضرائب المحلية إلي ٥ ملايين دولار سنويا ، ويتزايد العائد من ضرائب المبيعات إلي ٣ ملايين دولار سنويا ، كل ذلك سيؤدي إلي تضاعف الفوائد الاقتصادية .

وفي تحليل آخر للمدخلات والمخرجات أجرته إدارة الطاقة بولاية وسكنسون Wisconsin في الولايات المتحدة عام ١٩٩٥ ، أوضح هذا التحليل أن ما يقرب من ٦ مليارات دولار تم صرفها علي شراء مصادر الطاقة الناتجة من الوقود الحفري (البترول والغاز) تعادل الاستثمار المطلوب لتوفير ١٧٥٠٠٠ وظيفة جديدة، وهذا يمثل خسارة واضحة في اقتصاد ولاية وسكنسون ، كما وضع هذا التحليل سيناريو بديل يفيد بأنه في حالة إنشاء محطة لإنتاج ٧٥٠ ميجاوات من الطاقة الكهربية عن طريق المصادر الطبيعية المتاحة بالولاية (معظمها من الكتلة الحيوية) مقارنة بإنتاجها من مصادر الطاقة التقليدية (الوقود الحفري) سيؤدي إلي زيادة تكلفة الكهرباء بمقدار واحد سنت لكل كيلو وات /ساعة ، وهذا لا يقارن بالمنافع الاقتصادية التي ستحققها هذه المحطة حيث سيتم خلق العديد من فرص العمل الجديدة وكأنك تضيف ٢,٥ سنت أمريكي لكل ك.و.س في خزانه الولاية ،وبالرغم من ارتفاع سعر الكهرباء التي تنتج من مصادر الطاقة المتجددة إلا أنها لا تزال ذات فوائد اقتصادية جمة ، وأن استمرار العمل بها لمدة ٣٠ عاما سيؤدي بدوره إلي توفير مليارات الدولارات مما يزيد من إجمالي الناتج المحلي لهذه الولاية.

هذه النوعية من التحليلات الاقتصادية تضع أيدينا علي مبررات الإنفاق الضخم علي إنتاج الكهرباء المتجددة من المصادر المتاحة محليا، والتي يدعمها مستخدمو الطاقة من خلال قبولهم فرض رسم بسيط علي كل ك.و.س مباع لهم (SBC)
System Benefits Charge
لتعويض الاستثمار الذي تم إنفاقه لبناء محطات توليد الكهرباء باستخدام مصادر الطاقة المتجددة المحلية، وهذا مثلما حدث أيضا في ألمانيا من جراء تطبيق قانون
Feed-in law
(قانون تغذية الشبكة بالكهرباء) ومثلها إسبانيا والدنمارك ، حيث يتم توزيع التكاليف المرتفعة لإنتاج الكهرباء من الطاقة المتجددة علي المواطنين المشتركين بالشبكة الكهربية .

لقد دار الحديث السابق عن الولايات المتحدة وألمانيا ، هاتين الدولتين الصناعيتين اللتين تتمتعان بالثراء ، ولكن هل يمكن تطبيقه علي كل الدول والمدن والبلاد ، وهذا ما يهم الدول النامية التي تظهر فيها مشكلة خلق فرص عمل، والتي يعد ترشيد النفقات وتحويلها إلي مصدر لتوفير الوظائف شيئا هاما بالإضافة إلي ضرورة الاعتماد علي الطاقة المنتجة محليا، ومعرفة كيف يسهم ذلك في أمن واستقرار البلاد .

سياسات نشر تطبيقات الطاقة المتجددة

نظرة شاملة

توضح كافة المناقشات السابقة الجهود الحكومية الجادة المبذولة لتوفير السياسات والدعم المالي لتعجيل استخدام مصادر الطاقة المتجددة ، ووضع وإقرار تشريعات جادة لزيادة استخدام الطاقة المتجددة فى إنتاج الكهرباء وزيادة نسبة مشاركتها مع مصادر الطاقة الأولية الأخرى.

وتحاول دول مختلفة تبني واتباع سياسات وآليات عديدة لتحقيق هذا الهدف، فبعضها يحاول دفع تطبيقات الطاقة المتجددة عن طريق إصدار القوانين واتباع الالتزامات الصارمة للالتزام بنسب محددة في استخدام مصادر الطاقة المتجددة لإنتاج الكهرباء أو في إنتاج الطاقة في تواريخ وأوقات محددة . ويحاول البعض الآخر من هذه الدول أن يطلق العنان للتكنولوجيا وذلك عن طريق تمويل برامج البحوث والتطوير والأساليب التحفيزية الأخري ، وينضح كل هذا من خلال أطر العمل والسياسات المبتكرة التالية:-

- وضع الأهداف القومية بعيدة المدى والتي تهدف إلي زيادة أسواق مصادر الطاقة المتجددة من خلال وضع سياسة إمامية حزمة الطاقة المتجددة أو ما يسمي في الولايات المتحدة (Renewable portfolio standards RPS)

- وضع القوانين الإلزامية باستخدام الطاقة المتجددة أو ما يسمي في الاتحاد الأوربي باسم " توجهات الطاقة المتجددة" EU Renewable Directives والخاصة بتطوير تكنولوجيات مصادر الطاقة المتجددة.

- العمل علي تخصيص تمويل حكومي لتدبير احتياجات المدن والأقاليم من معدات الطاقة المتجددة .

- توفير حوافز لمنتجي الطاقة المتجددة مثل قانون تغذية الشبكة بالكهرباء المتجددة feed in .

- توفير حوافز لمنتجي الطاقة المتجددة
Production Tax Credit (PTC)

- توفير حوافز لمنتجي الطاقة المتجددة بتطبيق نظام المقاصة
Net Metering

- فرض رسم الانتفاع بالنظام
System Benefits Charges (SBC)
لتوفير الدعم المالي للمنتجين ولدعم برامج البحوث والتطوير، والتي تعود بالنفع علي الصالح العام .

- اتباع آليات التمويل مثل نظام السندات، ونظام القروض قليلة الفائدة ، وزيادة شرائح الإهلاك الضريبي ومبيعات الطاقة الخضراء.

- تفعيل آليات تجارة الانبعاثات مثل ترويج شهادات خفض انبعاثات الكربون ، حتى تتزايد قيمة الطاقة المتجددة ويتزايد حجم استيعاب السوق لها ، وبالتالي تتزايد المنافع البيئية من استخدام الطاقة المتجددة .

- العمل علي إزالة الحواجز الاقتصادية والمؤسسية والعقبات المعطلة للإجراءات، وتسهيل تكامل مصادر الطاقة المتجددة وربطها بالشبكات ومدها بالبنية التحتية .

- إصدار مواصفات قياسية بشكل دوري وإتباع أكواد قياسية موحدة.

- تفعيل آليات اقتصادية متوازنة مثل فرض ضرائب علي انبعاثات الكربون وضرائب علي التلوث.

- مراعاة توزيع مبالغ الدعم الحكومي المخصص لتمويل البحوث والتطوير لتكنولوجيات الطاقة بطريقة عادلة حيث إن النسبة العظمي لهذا الدعم يوجه للطاقة التقليدية والنووية.

ومن خلال هذه الضوابط والسياسات الرائدة يوجد العديد من الخيارات الفرعية التي يجب اختيارها بدقة وعناية لضمان استخدام البرنامج الملائم لكل تكنولوجيا علي حدة والمناسب لظروف كل دولة وإمكاناتها.

فعلي سبيل المثال: عندما تم الترويج لنشر استخدامات الطاقة الشمسية الحرارية في أوروبا فقد تم اختيار كل من أدوات التمويل ونظم الحوافز التالية :-

المعايير المالية
- التسهيلات الضريبية .
- الإعفاءات الضريبية .
- خفض الفائدة البنكية علي القروض .
- فرض ضريبة علي انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون .
- خفض ضريبة VAT .

دعم الاستثمارات
- علي الصعيد القومي .
- علي الصعيد الإقليمي .
- علي الصعيد المحلي .
- دعم منتجي الطاقة الكهربية المتجددة .
- دعم ملاك المباني الموفرة للطاقة .

الضوابط الإلزامية
- إعفاءات محددة من بعض الاشتراطات الخاصة بالمباني .

- وضع اشتراطات ومعايير محددة لأنظمة الطاقة بالمباني.
- الالتزام بتنفيذ هذه الاشتراطات .

المعايير المؤسسية

- إقامة مراكز معلومات مركزية .
- تقديم استشارات مجانية .
- إبرام اتفاقات لشراء الطاقة طويلة المدى .
- برامج تمويلية متفق عليها .

معايير أخرى

- توفير تمويل المشروعات.
- توفير التمويل الاستثنائي.
- الالتزام ببرنامج التمويل المتفق عليه.
- تنظيم حملات إعلامية .
- إقامة مشروعات توضيحية .

لقد تعددت درجات نجاح هذه السياسات والبرامج، وبالرغم من ذلك فإن بعض السياسات مثل قانون تغذية الشبكة بالكهرباء Feed – in المطبق فى ألمانيا والدنمارك وإسبانيا قد حقق نجاحاً كبيراً في التوسع في إنتاج الطاقة المتجددة وكان أكثر هذه البرامج فعالية من البرامج الأخري التي حاولت ولكنها رفضت، مثل برنامج (تخصيص حصص من الطاقة المتجددة في بريطانيا).

أتاح الاتحاد الأوروبي للدول الأعضاء الفرصة للتنوع في تطبيق آليات وبرامج متنوعة لنشر استخدامات الطاقة المتجددة حتى عام ٢٠٠٥، بعدها سيتم تطبيق أطر عمل موحدة لجميع دول الاتحاد الأوروبي.

وفي تقرير نشر حديثا للمعمل القومي للطاقة المتجددة(بركلي) بولاية كاليفورنيا بعدد يناير/فبراير ٢٠٠٣ من مجلة Refocus ، قام المعمل بفحص عدة دراسات حالة توضح تأثير الدعم المباشر للطاقة النظيفة التي يتم توصيلها وربطها بالشبكات الكهربية وفاعليته، وتتضمن الآليات التي تم فحصها ما يلي: منح ودعم للمشروعات، قروض ميسرة(لدعم مراحل الإنشاء قبل بدء التشغيل ويتم سدادها عندما يكتمل المشروع)، وحوافز الإنتاج (نظام الدفع لكل ك.و.س من الإنتاج الفعلي) ، (وإبرام الاتفاقات لشراء الطاقة المنتجة)، وكذلك مجموعة المعايير القياسية ومحددات أنظمة الطاقة المتجددة .

استنتجت الدراسة أن عقد اتفاقات بعيدة المدى (لمدة عشر سنوات علي الأقل) لشراء خرج أنظمة الطاقة المتجددة يبعث الثقة لدي المستثمرين، ويرجع ذلك لثقتهم في أن هذه السياسات بعيدة المدى مستقرة لوجود معايير قياسية تدعمها الأسواق المفتوحة للطاقة الخضراء.

ومن الضروري أيضا توفير رأس المال، وذلك لتقديم الدعم للصناعات القائمة علي الطاقة المتجددة، فقد أوضحت دراسة تحليلية خاصة بتمويل الخلايا الفوتوفولتية أن الخلايا الفوتوفولتية تحتاج من ٨٠% إلي ٩٠% دعم مالي للمستفيد النهائي، وبذلك يتضاعف الطلب عشرات المرات ، ويوضح التقرير أن استخدام الأنظمة الفوتوفولتية في الدول النامية يمكن أن يتضاعف من ٢% إلي ٥% بدون تمويل وقد يصل إلي ٥٠% إذا ما توفر لها التمويل ورأس المال لبناء المصانع وإنشاء شركات لتوزيع مبيعات الخلايا الفوتوفولتية وتركيبها والقيام بخدمات ما بعد البيع من صيانة وضمان التشغيل.

يمكن تسهيل كافة تلك الأمور عن طريق قيام الدول النامية بتخفيض معدلات الفائدة البنكية بالإضافة إلي فرض الضرائب وتقديم حوافز للاستثمار .

سياسات ناجحة تتبعها بعض المدن

تتبع حكومات العديد من الدول المتقدمة برامج متنوعة لتطوير الطاقة المتجددة لما له من تأثير فعال علي الاقتصاد، وهذه البرامج تؤدي إلي زيادة استيعاب المواطنين وزيادة إدراكهم لأهمية تلك التكنولوجيا الجديدة.

وهذا هو الحال مع التكنولوجيا الفوتوفولتية، حيث يوجد العديد من المباني التي يمكن تغذيتها بالكهرباء المولدة من الخلايا الفوتوفولتية المتصلة بالشبكة الكهربائية المحلية، ونجاح هذا النظام يؤدي إلي تعزيز الأمان والثقة في الخدمات وكذلك البنية التحتية المتوافرة بالمدن.

وهناك اختياران مطروحان أمام الحكومة بالنسبة للمرافق العامة ، أيسرهما هو امتلاك الحكومة لهذه المرافق أو ما يسمى بالمرافق المحلية (Municipal utility) كما يطلق عليها بالولايات المتحدة، حيث يتم إدارتها عن طريق أعضاء مجلس إدارة منتخب من أهل المدينة ، والعاملين بهذه المرافق يتم معاملتهم طبقا للهيكل الإداري والمالي المطبق بالمدينة، ولذا فإن القرارات عادة ما تكون في صالح اقتصاد المدينة، مثل توفير فرص عمل جديدة أو زيادة في معدلات الإنتاج . أما المدن التي تكون فيها المرافق ملكاً لكبار المستثمرين فإنه لابد أن يقع علي عاتقهم تمويل تطبيقات الطاقة المتجددة والتي ستؤدى إلي منافع بيئية واقتصادية كبيرة .

وهناك إطار عمل آخر وسط بدأ يجذب اهتمام المواطنين ببعض الولايات الأمريكية لوجود تشريعات تنفيذية مشجعة له في الولايات المتحدة وهو ما يسمي بتكتل المجتمع أو Community aggregation ،

وهذا الإطار يسمح لجميع مستهلكي الكهرباء بالمدينة ،أو في عدة مدن تربطها شبكة موحدة، أن يقوموا جميعا بإبرام عقد لشراء الكهرباء من المرفق كمستهلك واحد من خلال تعاقدهم مع إحدى الشركات الموردة لخدمات الطاقة (Energy service provider ESP) ، وذلك للحصول علي خدمات الطاقة بأسعار منخفضة بالإضافة إلي تلبية احتياجات المدينة من رفع كفاءة الطاقة ، وترشيد الاستهلاك ، والالتزام باستخدام معدات الطاقة المتجددة .

أول عقد أطلق عليه Cape – code agreement حيث تجمعت ٢١ مدينة بولاية ماستشوستس وقامت بتوقيع عقد لتوريد الطاقة الكهربائية بتكلفة منخفضة .

وفي مجال توفير الكهرباء للتجمعات الريفية والتي تمثلها مدن مستقلة بها شبكات كهربية محلية تديرها مجالس إدارة أعضاؤها منتخبون من الأهالي ويعملون علي تعزيز الاقتصاد المحلي لمدنهم من خلال قيامهم ببناء محطات توليد كهرباء من مصادر الطاقة المتجددة تعمل بنظام البناء والتملك لاستخدامها لدى المزارعين الذين يوقعون عقود شراء الطاقة طويلة الأجل.

وفيما يلي ثلاثة أمثلة بولاية كاليفورنيا بالولايات المتحدة ، جميعها كانت من الضخامة بحيث نتج عنها تأثيرا فعال في أسواق الأنظمة الفوتوفولتية في العالم .

الحالان الأوليان لمرافق محلية، بينما الحالة الثالثة في مدينة سان فرانسيسكو والتي لا تمتلك مرافق كهربائية وإنما يمتلكها مستثمرون لكنها بالرغم من ذلك قامت بتقديم دعم مالي كبير للخلايا الفوتوفولتية.

توضح الحالات الثلاثة التالية مدي حماس سكان هذه المدن للمشاركة في مستقبل الطاقة، وفي التحول للطاقة المتجددة وكذلك رغبة هذه المدن للإسراع في هذا التحول .

الشبكة المحلية لمقاطعة سكرمنتو

تعد برامج الأنظمة الفوتوفولتية لشبكة (SUMD) من أفضل وأشهر الأمثلة في العالم علي السياسات المستقرة في مجال الطاقة المتجددة المرتبطة بشبكات الكهرباء المحلية .

وقد بدأت هذه المقاطعة في اتباع برامج الطاقة المتجددة عندما اتخذت القرار بإغلاق محطة الطاقة النووية قدرة ٨٠٠ ميجا وات المرتفعة التكاليف ولا تعمل بكفاءة، وقد أدى إغلاق هذه المحطة إلي وجود نقص قدرة ٢٥% من احتياجات المقاطعة للطاقة الكهربائية ترتب عليه شراء نسبة النقص هذه من الأسواق بأسعار ترتفع معدلاتها سنويا.

وقد أعرب المدير الجديد ديفيد فري مان لمرفق الكهرباء بالمدينة عن أمله بتحويل العجز في الطاقة إلي فائض في خلال ٣ سنوات باستخدام أنظمة الخلايا الفوتوفولتية وكفاءة الطاقة لتصبح المقاطعة من المدن الرائدة في مجال تطبيقات الطاقة الشمسية في العالم، وقد أوفي المدير الجديد للمرفق بوعده وأصبحت شبكة SMUD في نهاية منتصف التسعينات أكبر شبكة في العالم تستخدم الخلايا الفوتوفولتية في توليد الكهرباء، وبنفس المعدلات السابقة التي كانت تنتجها باستخدام المحطة النووية، وقد انتشرت تجربة SUMD وأفاد منها العالم بأكمله.

> هناك بعض المدن يمكن أن تلعب دورا فعالا لتحفيز السوق وخفض تكاليف مصادر الطاقة المتجددة لكافة بلاد العالم ، ولأن الناس يعيشون ويعملوا في هذه المدن فإنهم متحمسون للتحول لاستخدام الطاقة المتجددة، ويمكن أن يتم صياغة البرامج علي مستوى العالم لصالح الاقتصاد المحلي ، ومصادر الطاقة المتجددة.

قام برنامج SUMD للخلايا الفوتوفولتية علي الرؤية المبكرة للمسئولين عن البرنامج لإمكانات الخلايا الفوتوفولتية علي المستوى المحلي والعالمي، فقد توقعوا أنه بحلول عام ٢٠٢٠ ستقوم الولايات المتحدة بإنتاج ١٥٠٠٠ ميجا وات من الطاقة الفوتوفولتية ،وستقوم باقي دول العالم بإنتاج ٧٠٠٠٠ ميجا وات، وقد توقعوا أيضا أن تنخفض أسعار الخلايا الفوتوفولتية إلي ٣ دولارات/ وات شاملة الصيانة والتشغيل في عام ٢٠١٠ و١,٥٠ دولار /وات عام ٢٠٢٠ .

وضع المسئولون عن SMUD مخططا لتحقيق هذا الهدف، حيث تم تركيب ١٠ ميجا وات من الخلايا الفوتوفولتية عام ٢٠٠٣ وسيتم تركيب ٢٥٠٠٠ نظام في المدينة لتنتج ٥٠ ميجا وات عام ٢٠١٠ .

قام المسئولون عن برنامج SUMD بعمل مسح شامل لاستطلاع رأي عملائهم، ووجدوا أن هناك ٢٤% من المشاركين ممن يرحبون بزيادة مدفوعاتهم لإنتاج الكهرباء من الخلايا الفوتوفولتية ، مما سيؤدي إلي خلق سوق تستوعب قدرات أكثر من ٢٠٠ ميجا وات ، وبأرقام أكثر دقة في الاستطلاع الذي تم، فإن ١٤% من مستهلكي الكهرباء قد أبدوا استعدادهم لزيادة مدفوعاتهم بنسبة أكثر من ١٥% ، وأبدى ٨% من مستهلكي الكهرباء رغبتهم في زيادة

مدفوعاتهم لأكثر من ٣٠% ، مما سيؤدي إلي خلق سوق تستوعب ٣٥ميجا وات تعتمد أساسا علي العملاء الحاليين.

ولقد أطلقت SUMD برنامجها الرائد الثاني عام ١٩٩٩، حيث أوضح استطلاع آخر أنه يوجد عدد يتراوح بين ١٠,٠٠٠ و٣٦,٠٠٠ مشارك يرغبون في امتلاك هذه الأنظمة، وهذا سوف يضيف من ٣٠ ميجاوات إلى ١٠٠ ميجاوات من الطاقة الفوتوفولتية .

في عام ٢٠٠٠ قام برنامج (SUMD) بتركيب ٦٥٠ نظام جديد من الخلايا الفوتوفولتية تنتج ٧ميجاوات تم توزيعها على ٥٥٠ منزل وعدة كنائس و شركات وجراجات . أكبر نظام حاليا تمتلكه المدينة قدرته ٥٠٠ كيلووات ويستفاد منه أيضا كمظلة للسيارات من الشمس الساطعة صيفا في هذه المدينة.

أدت هذه البرامج إلي خفض تكاليف النظام الفوتوفولتي إلى ٣دولارات/ وات ، وبذلك تكون المقاطعة قد ساهمت بحوالي ٥٠% توفيرا للمستهلك، كما سيؤدي هذا البرنامج إلي تقليل إسهام المقاطعة بالتدريج نتيجة خفض تكلفة هذه الأنظمة إلى ٣دولارات/ وات ، وإذا استمرت الزيادة بنفس المعدل لفترة ٣٠عاما فإن تكلفة الكهرباء على قاطني المقاطعة سوف تصل إلى ١٢سنت / ك.وات ،مما يجعلها اقتصادية للغاية للمستهلك .

وهذا البرنامج كان به العديد من العيوب ، فمثلا أول مورد تم التعاقد معه لم يف باحتياجات الشراء الموضحة في بنود التعاقد معه، مما أجبر المقاطعة علي شراء نماذج فوتوفولتية إضافية بتكلفة أكبر، وظهرت بعض العقبات الأخرى التي أدت إلى بطء البرنامج ولكن لم تؤدى إلى توقفه كليا، بالإضافة إلى تمتع البرنامج بالشعبية الكبرى والتي أدت إلى تدفق الجوائز والمنح علي مبدعيه ، وهنا يتضح لنا مدى التأثير الهام الذى قامت به مدينة سكرمنتو في خفض أسعار الخلايا الفوتوفولتية.

لوس أنجلوس

توجد بمدينة لوس أنجلوس بولاية كاليفورنيا أكبر مرفقين في العالم للمياه والطاقة، وتشرف عليهما إدارة المياه والطاقة بالولاية، والتي تقدم دعما للخلايا الفوتوفولتية قدره ٥,٥ دولارات / وات ويصل إلي ٦ دولارات/ وات في حالة إنتاج الخلايا الفوتوفولتية محليا.

تم تركيب خلايا فوتوفولتية بقدرة إجمالية ٢,٣ ميجاوات في عام ٢٠٠٢، وفي عام ٢٠٠٣ أكدت مدينة لوس أنجلوس علي البدء في برنامج يستمر لمدة ١٠ سنوات يهدف إلي إنتاج الكهرباء من الخلايا الفوتوفولتية وربطها بالشبكة المحلية، واعتمدت له ١٥٠ مليون دولار ليحول مدينة لوس أنجلوس إلي مدينة للطاقة الخضراء النظيفة.

سان فرانسيسكو

في عام ٢٠٠١ وافق ٧٣% من أهالي مدينة سان فرانسيسكو، والتي توجد بها مرافق وشبكات كهربائية مملوكة للمستثمرين، علي الإسهام في الاكتتاب في سندات مالية بقيمة ١٠٠ مليون دولار تخصص لخفض تكلفة الكهرباء المتجددة من خلال تركيب أنظمة فوتوفولتية تتراوح قدرتها الإجمالية من ٥٠ إلي ٦٠ ميجا وات.

وقد أدى تطبيق هذا البرنامج في سان فرانسيسكو إلى زيادة تطبيقات الطاقة الشمسية، بالإضافة إلى عدم وجود تكلفة إضافية علي أصحاب الأسهم المساهمين، وزيادة وتوفير الطاقة، كل هذا أدي إلى رفع كفاءة الخدمات الحكومية واستبدال الوقود الحفري، وزيادة الأمان، وتوفير فرص عمل جديدة، وقد قامت مدن مثل سان دياجو ونيويورك ودينفر بالاتصال بسان فرانسيسكو لمعرفة كيفية تنفيذ وتحقيق هذه الأهداف لديهم.

كانت هناك بعض الإجراءات التي تؤدي إلى تأجيل الإفادة من هذا المشروع لمدة عام أو أكثر،وحتى لا يطول الانتظار قامت الحكومة علي نفقتها بإنشاء وتمويل مشروع خاص بها لتجهيز سطح مبني مركز المؤتمرات Monscone بأنظمة فوتوفولتية قدرة ٦٥٠ كيلووات، مما أدي إلى خفض فواتير استهلاك الطاقة للمبني بمقدار ٢٠٠,٠٠٠ دولار في العام ، وتلا ذلك إنشاء أكثر من ١٠٠ نظام فوتوفولتي بهدف تطوير البنية التحتية ولتسهيل إجراءات إصدار سندات التمويل، والتي كان لها الفضل فيما بعد في تغطية نفقات جميع تلك المشروعات.

السياسات القومية التي تدعم تطوير الطاقة المتجددة

إمامية الكهرباء المتجددة Renewable Electricity Standards (RPS)

سياسة إمامية الكهرباء المتجددة أو ما يطلق عليها مجازا (إمامية سلة مصادر الطاقة المتجددة) (Renewable Portfolio Standards) ، والتي يعني بها تحديد نسبة إسهام الطاقة المتجددة في إنتاج الكهرباء (RPS) ، يتوقع لها أن تكون السياسة الأولي والرئيسة لتطوير الطاقة المتجددة ونشر استخداماتها في الولايات المتحدة وباقي دول العالم، حيث تضع كل دولة هدفا للوصول إلي نسبة محددة تلتزم بتحقيقها في خلال فترة زمنية محددة، وهذا ما يحدث بالفعل حاليا في دول الاتحاد الأوروبي والعديد من الدول الأخرى.

لا توجد بالولايات المتحدة سياسة فيدرالية موحدة لنشر استخدامات الطاقة المتجددة ، وبالرغم من ذلك ، فقد قامت ١٣ ولاية أمريكية عام ٢٠٠٣ بتطبيق سياسة RPS بشكل أو بآخر، وأدي ذلك إلي بعث الثقة والاطمئنان علي مستقبل صناعة معدات الطاقة المتجددة بتلك الولايات، إلا أن البرنامج المستقل لهذه الولايات لن يكون له تأثير ملموس علي إجمالي استخدامات الطاقة المتجددة بالولايات المتحدة لعدم وجود السياسة الفيدرالية المحددة.

وضع نسب متوازنة لمشاركة الطاقة المتجددة

إن وضع غايات واتباع سياسات فقط لن يحقق الأهداف، وإنما يجب علي الحكومات تدعيم الأهداف عن طريق وضع البرامج وتوفير الحوافز والدعم، فمثلا في ألمانيا فقد كان لاتباع قانون Feed-in لتغذية الشبكة بالكهرباء أثر كبير جدا في زيادة نسبة استخدام الطاقة المتجددة بالنسبة لإجمالي الطاقة المستخدمة، وقد كان لآليات التمويل تأثير كبير لتحفيز السوق للاستجابة للطاقة المتجددة وذلك لتحقيق الأهداف الألمانية .

أحد نقاط قوة الطاقة المتجددة قد تصبح أحد نقاط ضعفها ولتوضيح ذلك فإن حرية السوق الزائدة قد تؤدي إلى إعاقة تطوير مصادر الطاقة المتجددة وخاصة المرتفعة التكلفة منها، فمثلا طاقة الرياح هي الفائز والرابح الأكبر في مثل هذه السوق المفتوحة لأنها الأقل تكلفة من مصادر الطاقة المتجددة الأخرى كالطاقة الشمسية وطاقة حرارة باطن الأرض والطاقة الحيوية والتي لا يمكنها المنافسة.

سوف يتطلب التحول العالمي لمصادر الطاقة المتجددة إلى ربط تطبيقات هذه المصادر بالشبكة المحلية، وذلك لدعم وزيادة الإنتاج وخفض الأسعار وزيادة الثقة في النظام.

يمكن تقسيم نسبة مشاركة مصادر الطاقة المتجددة إلي نسب مختلفة لتستوعب جميع مصادر الطاقة المتجددة، كما حدث في ولايتي أريزونا ونيفادا، عندما قاموا بتحديد نسب محددة لإنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية من إجمالي مشاركة الطاقة الكهربائية المتجددة وبالرغم من أن هذا التحديد قد يصعب من تطبيق سياسة RPS إلا أنه قد أثبت نجاحه بتلك الولايتين.

وأشارت دراسة تحليلية أنه في حالة تحديد سياسة RPS بنسبة ١٠% فإن إسهام كل من طاقة باطن الأرض وطاقة الغاز الحيوي الناتج من المدافن الصحية ستكون نسبة ضعيفة ، بينما في حالة زيادة رفع نسبة المشاركة إلي ٢٠% كما هو متنبأ لها عام ٢٠٢٠ فإن نسب إسهام طاقة الكتلة الحيوية وكذلك الطاقة الشمسية سترتفع كثيرا ، وقد يمكنهما ذلك من منافسة طاقة الرياح، لذلك فإن من الضروري تطوير مصادر الطاقة المتجددة كلها وعدم انتظار تحريك السوق

> يجب على الحكومات أن تعمل على تطوير سياسات تحسين كفاءة الطاقة، وسياسات الطاقة المتجددة ، لتناسب ظروف كل بلد على حدة، وفي نفس الوقت تعمل على تعظيم قيمة الاقتصاد ، ويمكن لمصادر الطاقة المتجددة أن تنبح الكهرباء بأقل تكلفة ممكنه باتباع برامج تحضيرية تعمل على تطوير صناعاتها، وزيادة الثقة في مستقبلها ، وكذلك التكامل في شبكات الطاقة .

وتوجد حزمة من وسائل الدعم المختلفة لمساعدة بعض مصادر الطاقة المتجددة علي الوصول إلي النسب التي تم تحديدها في سياسة RPS فقد منحت عدة ولايات أمريكيةخصومات علي الأنظمة الفوتوفولية الموجودة لديها لاسيما في الولايات التي تتبع سياسة RPS.

تقوم ولاية كاليفورنيا - أكبر ولاية تطبق سياسة RPS - وتهدف إلي إنتاج ٢٠% من الكهرباء من الطاقة المتجددة بحلول عام ٢٠١٧ – بتقديم دعم مالي لحائزي الأنظمة

الفوتوفولتية حتى ٣٠ ك.وات قدره ٤ دولارات/ وات كما ألتزمت بتقديم دعم مالي قدره ١٢٥ مليون دولار كل عام ولمدة خمس سنوات (٢٠٠٤ - ٢٠٠٩) وذلك لدعم للأنظمة الفوتوفولتية والتي تزيد قدرتها الإجمالية عن ٣٠ كيلو وات حيث سينتج عن ذلك خفض تكلفتها بما يعادل ٤,٥٠ دولارات/وات.

توجد مباني تجارية عديدة بكاليفورنيا ستستفيد من ذلك الدعم، بالإضافة إلي الإفادة من حوافز أخري كالإعفاء من ضريبة الاستثمار مما سيؤدي إلي تركيب أنظمة فوتوفولتية بتلك المباني تنتج كهرباء بسعر منافس وهو ٩ سنت دولار/ ك.و.س. وهو سعر منافس جدا وغير قابل للزيادة بمرور الوقت.

وهناك أيضا البرنامج الياباني لتركيب ٧٠٠٠٠ نظام فوتوفولتي والذي بدأ منذ عام ١٩٩٤ويستمر حتى عام ٢٠٠٦ حيث تم تركيب ١١٧٥٠٠ نظام في نهاية ٢٠٠٢ تنتج ٤٢٤ ميجاوات، مما أدى إلى خفض تكلفة النظام علي المستهلك بنسبة ٤١% عام ٢٠٠٢ عما كان عليه في عام ١٩٩٥، أي ما يعادل ٦,٥٠ دولارات/وات وعندما انخفض السعر انخفض معه الدعم الحكومي من ٥٠% عام ١٩٩٤ إلى ١٥% عام ٢٠٠٢ وبدون أي تأثير على استمرارية البرنامج في تنفيذ أهدافه المتفق عليها.

ومازالت الكهرباء المنتجة من الأنظمة الفوتوفولتية أغلي من المنتجة من طاقة الرياح إلا أنها لا تتطلب زيادة في النفقات من حيث شبكات التوصيل والتوزيع لذلك فإن الكهرباء المنتجة منها تستطيع المنافسة بأرخص الأسعار إذا تم تقديم الدعم لها، ويوضح مؤشر السوق أن الأنظمة الفوتوفولية الموجودة في كاليفورنيا علي أسطح المباني، وتمثل نصف عدد إجمالي الأنظمة الموجودة بالولايات المتحدة قد زادت قدرتها من ٩٤ ك. وات عام ٢٠٠٠ إلى ٢٦٠ ك. وات عام ٢٠٠٢ وإلي ٣٥٠ ك. وات عام ٢٠٠٣ كما توجد عدة أنظمة تتعدي قدرة كل منها علي حدة ١ ميجاوات .

> لن تستطيع سياسة الطاقة المتجددة بمفردها أو سياسة تحفيزية بعينها الوقوف بمفردها لتأكيد تطوير الطاقة المتجددة . ولكن يجب علي الحكومات صياغة مجموعة من السياسات والتي تحقق مجموعة من الأهداف والحوافز وإزالة الحواجز ، وذلك لدفع مصادر الطاقة المتجددة إلى الأمام.

تعتبر الطاقة المأخوذة من الكتلة الحيوية وطاقة باطن الأرض أعلي تكلفة من طاقة الرياح ، إلا أنه يمكن استخدام كل منهما كنظام مزدوج لتوليد الحرارة والطاقة (CHP) ، مما يرفع من كفاءة هذا النظام إلي ٨٠% ، وهو ما يعادل ضعف كمية الطاقة التي يمكن الحصول عليها، مما يجعل تكلفة النظام المزدوج متوازنة عند مقارنتها مع استخدام أي مصدر تقليدي آخر لتوليد الحرارة فقط أو لتوليد الكهرباء، فكل من طاقة الكتلة الحيوية وطاقة حرارة باطن الأرض يمكنهما إمداد مصدر مستقر للطاقة ويحسن من اقتصاديات أي نظام مزدوج لأي منهما مع مصادر الطاقة المتجددة المتقطعة الأخرى .

تعتبر الطاقة الكهربائية الحرارية الشمسية الأعلي تكلفة بين مصادر الطاقة التقليدية المستخدمة لإنتاج الكهرباء إلا أن التناغم والتطابق بين فترة أقصي حمل استهلاكي يتزايد فيه الضغط علي الشبكة ، وفترة أقصي خرج للمحطة الشمسية يعظم من أهمية المحطة الشمسية، ففي كاليفورنيا مثلا يزيد سعر شريحة الكهرباء إلى ٣٠ سنت/ك.و.س في الفترة من الثانية عشرة ظهرا إلي السادسة مساء وهي الفترة التي يكون فيها الإشعاع الشمسي في أقصي معدلاته، وتجدر الإشارة إلي أن جميع مصادر الطاقة المتجددة المتاحة تستطيع أن تنزل بهذا السعر !. لذا فإن استخدام النظام المزدوج الشمسي/ الغازي في كاليفورنيا سيسمح بالوفاء بنسبة ٧٥% من إجمالي استهلاك الطاقة بها.

إحدى السياسات الناجحة جدا: تسعيرة feed-in

من المفيد جدا أن نتناول بالشرح سياسة feed–in والمطبقة بالعديد من الدول الأوروبية، وفكرة هذا القانون تعتمد أساسا علي أن أصحاب محطات توليد الكهرباء (المنتجين) يقومون بفرض رسم إضافي علي كل ك.و.س.، يتم شراؤه بواسطة شركات التوزيع، وقيمة هذا الرسم الإضافي يتم تحديده بواسطة الحكومة، بمعني آخر فإن الحكومة هي التي تحدد سعر بيع الكهرباء، ولأن المنتجين يضمنون سعرا مجزيا لبيع الكهرباء، في حال قيامهم بالوفاء بالتزاماتهم المحددة، فإن هذا النظام يجذب العديد من المستثمرين.

يساعد هذا القانون علي نشر استخدام الطاقة المتجددة، وإدارة المحطات بكفاءة عالية،وخفض المصاريف الإدارية اللازمة لإدارة المحطة وتشغيلها، وقلة المخاطر المالية لمثل هذه المشروعات ، وأخيرا تشجيع المواطنين والمجتمعات الصغيرة والشركات علي الإسهام ماليا في بناء تلك المحطات.

تقوم الحكومة بدفع حافز محدد علي كل ك.و.س. يتم إنتاجه، فمثلا الحافز الذي وضعته الدنمارك كان عاملا رئيسا في الانتشار السريع لاستخدامات الطاقة المتجددة هناك، وأدي ذلك إلي قيام دول أخري عديدة بتنفيذ سياسات مشابهه.

في عام ١٩٩٠ وضعت ألمانيا حافزا ماليا ممثلاً في سياسة "feed-in" والذي تم تعديله وتطويره بإصدار قانون الطاقة المتجددة (EEG) ، والذي بدأ تنفيذه في عام ٢٠٠٠ وتحت مظلته فإن الكهرباء التي يتم إنتاجها في ألمانيا باستخدام الطاقة الشمسية يتم دعمها بدفع ٤٥,٧ سنت يورو/ك.و.س، وذلك في إطار برنامج طموح يهدف إلي إنشاء محطات توليد كهرباء باستخدام الطاقة الشمسية تبلغ قدرتها الإجمالية ١٠٠٠ ميجا وات في خلال ٢٠ عاما، وسيتناقص الدعم بنسبة ٥% كل عام بافتراض أن تكلفة الأنظمة ستنخفض بمرور الوقت.

وفي إسبانيا كان دعم الكهرباء المنتجة باستخدام الخلايا الفوتوفولتية ٤٠ سنت يورو/ك.و.س للأنظمة التي تقل قدرتها عن ٥ ك.وات، و٢٠ سنت يورو/ ك.و.س للأنظمة حتى ٢٥ ميجا وات، وبدأت فرنسا عام ٢٠٠٢ في تقديم دعم قدره ١٥ سنت يورو/ ك.و.س للكهرباء المنتجة من هذه الخلايا .

بطريقة مماثلة فإن قانون (feed-in) المطبق في ألمانيا يعطي دعما لطاقة الرياح وباقي مصادر الطاقة المتجددة وإن كان أقل من الدعم الممنوح لتطبيقات الطاقة الشمسية، ويرجع الاختلاف في قيمة الدعم الممنوح ليتوازن مع التكاليف المطلوبة لتنفيذ تطبيقات مصادر الطاقة المتجددة المختلفة وطبقا لمدي ملاءمتها لحاجة السوق المحلي، لذلك فإن تجميع مصادر الطاقة المتجددة في سلة واحدة (portfolio) يعتبر سياسة ناجحة وهامة لتطبيقات الطاقة الشمسية حيث أنها في الوقت الحالي مرتفعة التكلفة مقارنة بطاقة الرياح.

يعتبر قانون (EEG) في ألمانيا قانونا مرنا لكونه يتوافق مع التغيرات التي تمليها الظروف المختلفة، فمثلا يقل الدعم الممنوح لمزارع الرياح التي يتم تركيبها في مواقع تتمتع بمتوسط سرعات رياح عالية عن الدعم الممنوح لمزارع رياح يتم تركيبها بمواقع ذات سرعات رياح أقل، أي أن الدعم في قانون (feed-in) مرتبط بسرعة الرياح السائدة .

ومما لا يدع مجالا للشك أن تطبيق هذا القانون، وضع كلا من ألمانيا والدنمارك وإسبانيا في مكان الصدارة بين الدول، في مجال تطبيقات الطاقة المتجددة.

أدي نجاح هذا القانون إلي إلقاء عبئا ماليا ثقيلا علي تلك الحكومات ، فتقوم الحكومة الألمانية حاليا بتمويل حافز الإنتاج المباشر ،وتجميع مصادر القروض البنكية قليلة الفائدة لتصب في تمويل صناعة وتطبيقات الطاقة المتجددة، وتقوم بفرض رسوم علي مبيعات الكهرباء للمستهلكين وهو ما يسمي في الولايات المتحدة بقانون SBC والذي سبق ذكره في مكان أخر من هذا الكتاب، إلا أن هذه الرسوم الإضافية تمثل نسبة ضئيلة من إجمالي الفاتورة الشهرية التي يسددها كل مستهلك ، وهذا يوضح أهمية تطبيق سياسات متنوعة تشمل ضمان سداد دعم مالي لمنتجي الطاقة المتجددة وتوزيع مسئولية سداد هذا الدعم علي جميع المستهلكين من خلال فرض رسم إضافي هين.

هذا لا يعني أن مجرد تطبيق قانون (feed-in) سيضمن انتشارا سريعا لتطبيقات الطاقة المتجددة لأننا إذا نظرنا إلي كل من البرتغال واليونان وإيطاليا مثلا نجدهم قد بدأو في تطبيق هذا القانون إلا أنه لم يساندهم بدرجة كافية لإصدار تشريعات جديدة بشأن تبسيط إجراءات إصدار رخصة الموافقة علي تخطيط المشروع ، منح تيسيرات بنكية كقروض قليلة الفائدة، ضمان ربط خرج المشروع بالشبكة الكهربية، وكنتيجة لعدم نجاح تلك الدول في معالجة تلك النقاط فإن قانون (feed-in) مازال غير فعال لديهم.

في بداية هذا الكتاب تم توضيح أهمية نقل تطبيقات الطاقة المتجددة إلي الدول النامية، إلا أنه قد تم التركيز علي السياسات التي تناسب الدول المتقدمة وتأخذ بها لأن الدول المتقدمة هي التي تقوم بتطوير تكنولوجيا الطاقة المتجددة وتعمل علي تخفيض أسعارها، وعلي الجانب الآخر فإن الدول النامية لديها الفرصه للتحرك في اتجاه التحول للطاقة المتجددة ولا تأخذ بأنظمة توليد الطاقة المركزية كبيرة الحجم والتي ثبت عدم جدواها الاقتصادية بالدول المتقدمة، مما يمكن الدول النامية من تحقيق أقصي إفادة ممكنة من الاستثمارات التي تخصصها في مجال الطاقة بخلق فرص عمل جديدة وصناعات محلية في حالة تطبيق تكنولوجيات الطاقة المتجددة .

كما رأينا في هذا الكتاب أن الصين تعمل علي تطوير ملايين من سخانات المياه الشمسية وذلك بسبب نقص البنية التحتية لإمدادات الغاز الطبيعي لديها وارتفاع سعر الكهرباء، وتقوم مؤسسة سان فرانسيسكو للطاقة والتي يوجد لها مكتب في بكين بإرسال الخبراء الفنيين إلي الحكومة الصينية لكي يقوموا بتقديم المساعدة الفنية في مجالات كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة. ويوجد بالصين عدد كبير من العلماء والمهندسين المتخصصين، وبها وفرة كبيرة من الأيدي العاملة، وبها مشكلة تلوث الهواء الحاد الناتج من انبعاثات الوقود الحفري وتأثيره الضار علي الصحة العامة، كل ذلك أدي إلي المزيد من اهتمام الحكومة الصينية بالتوسع في استخدام تطبيقات الطاقة المتجددة، فتقوم الصين الآن بإعداد برنامجها الضخم الأول لإنتاج الكهرباء من الطاقة المتجددة باستثمار ٣٤٠ مليون دولار لتوفير الكهرباء المنتجة من الخلايا الفوتوفولتية لتخدم ٣٠ مليون ساكن يعيشون الآن بدون كهرباء ، كما يوجد مشروع آخر قدرته الإجمالية ٢٠ ميجا وات ومدة تنفيذه ٢٠ شهر من المتوقع الانتهاء منه في بداية عام ٢٠٠٥ لإمداد عدد ١٠٦١ قرية بالكهرباء، ويتكون هذا المشروع من خلايا فوتوفولتيه ، محطة كهرومائية صغيرة، أنظمة مزدوجة شمسية ورياح وديزل، ومن المستهدف في الفترة من ٢٠٠٥ إلي ٢٠١٠ تكرار هذا المشروع لإنارة ٢٠٠٠٠ قرية أخري، وهذا سيجعل الصين من أهم أسواق الطاقة الفوتوفولتيه في العالم، وتقوم الحكومة الصينية بالإشراف علي هذا البرنامج، بالتعاون مع عدد من المؤسسات الدولية من بينها وزارة الطاقة الأمريكية لتوفير المساعدات الفنية والتدريبية للبرنامج.

وقد أطلقت الهند برنامجا لإنتاج الكهرباء من الرياح في بداية التسعينات ، وقد أصبحت من الدول الرائدة في تطبيقات هذه التكنولوجيا، وبالرغم من أن الهند تستورد بعض المكونات الحساسة لأنظمة طاقة الرياح إلا أنها تقوم بتصنيع ٧٠% من المكونات محليا لديها، وتركيب الأنظمة بالأيدي العاملة المحلية وصيانتها كما أن الهند سبق لها القيام بتصنيع عدة آلاف من مضخات المياه التي تعمل بالكهرباء الشمسية، وبالرغم من أن الهند تحاول أن تنتج كهرباء منتجة مركزيا وتوصيلها لجميع القري هناك وخاصة للمزارعين فان البنية التحتية لديها لشبكات توزيع الكهرباء غير كافية ولا يعتمد عليها لوجود فاقد كبير بها، والهند مثل الصين لديها علماء ومهندسون مؤهلون وأيدي عاملة رخيصة، كما توجد بها مشاكل من جراء استخدام مصادر الفحم كوقود، لذلك فهي تتحول من الأنظمة المركزية غير المجدية إلي مصادر الطاقة المتجددة وأنظمة التوزيع، وهي الآن تتبني سياسة جديدة لتطوير مصادر الطاقة الجديدة كسياسة دائمة لها.

بالنسبة لأفريقيا فإن هناك حاجة ملحة للمياه النظيفة وإزالة الملوثات من المياه الملوثة لتحسين الصحة العامة، وكذلك توفير الإضاءة البسيطة بالمنازل وتحسين حالة المدارس والمكاتب لرفع مستوي التعليم والمعيشة . كل هذه المطالب تستطيع الخلايا الفوتوفولتية توفيرها ، بالإضافة لكونها تقلل من المشاكل المحتملة لأنظمة الطاقة المركزية، إلا أن كل هذه الاحتياجات السابقة تمثل جزءاً يسيراً من الاحتياجات الأهم لأفريقيا، نظرا لأن معظم الدول الأفريقية تكافح لضمان وصول الاحتياجات الأساسيه إلي مواطنيها، وتعتمد الدول الأفريقية علي المؤسسات الدولية الخارجية لتمويل حصولها علي تطبيقات الطاقة المتجددة، حيث يمكن لهذه التطبيقات أن توفر المتطلبات الأساسيه البشرية وتحسين نوعية الحياة لبلايين من البشر في الدول النامية، بالإضافة إلي أنها تعمل علي تقليل التكلفة والتوسع في هذه التطبيقات في العالم، إلا أن نقص الدعم المالي والفني والاقتصادي وصعوبة الحصول عليه من الخارج هو الذي يؤجل من تحول الدول النامية إلي الطاقة المتجددة باستثناء الصين وقريبا الهند حيث أن هاتين الدولتين تستخدمان سياسات بعيدة المدى، وتطبق محددات ومقاييس قومية تستحق مناقشتها في هذا الكتاب .

إن التحول للطاقة المتجددة سوف يصبح مطلبا شرعيا لكل دول العالم، ولكن يجب علي الحكومات أن تتخذ الخطوات الأولي الهامة ،وهذا هو هدف هذا الكتاب الأبيض في شرحه وتأكيده علي أهمية الأخذ بالسياسات التي تناسب الدول النامية .

الحوافز المرتبطة باقتصاديات السوق

نظرة شاملة

من أهم ما تتميز به محددات الكهرباء المنتجة من مصادر الطاقة المتجددة أنها قائمة علي احتياج السوق لها، وتعتمد علي تبني الحكومات لأهداف وسياسات بعيدة المدى، وضوابط منظمة لتوفيق الأوضاع يراها المستثمرون أنها تبعث الثقة لديهم، ولكن البعض الأخر يري أن هذه السياسة سيئة حيث تتطلب التدخل القوي من الحكومة، لفرض سيطرتها علي سوق الطاقة الحالي والذي يمتاز بأن له آلية حرة بالكامل.

وهناك حوافز أخري بديلة للسوق تعمل علي ترويج ودعم الطاقة المتجددة، وهي ترضى الفلسفة السياسية لبعض المشرعين، الذين يفضلون أن يروا آلية للسوق بها رابح وخاسر بدلا من الاعتماد علي الحوافز والتيسيرات الحكومية مثل نظام شهادات التجارة (CTM) ، ومبيعات الطاقة الخضراء، ونظام التجارة الدولية للشهادات الخضراء، وهذه الأنظمة تعمل بدرجات متفاوتة من النجاح والفشل في العديد من الدول الأوربية.

وتأتي فكرة الشهادة التجارية أن تطوير تكنولوجيا الطاقة المتجددة ودعمها سوف يأتي من سوقين، السوق الأول للطاقة المنتجة والثاني لقيمة الشهادات المتداولة والتي يتم الاتجار بها، حيث يتم تقدير قيمة هذه الشهادات من خلال السوق الحر أو يتم تقديرها ، وهذا هو الأفضل، من خلال سياسات الحكومة والتي يتم من خلالها وضع أهداف حازمة لخفض انبعاثات الكربون، أو لتطوير الطاقة المتجددة ، من خلال محددات واضحة، و فرض غرامات على المخالفين، ويمكن تحقيق هذه الأهداف إما بالحصول مباشرة علي أنظمة الطاقة المتجددة، أو بتطوير محطات توليد قوي لتعمل بالطاقة المتجددة، أو بشراء الشهادات الخضراء الخاصة بها، مما يدعم قيمة الطاقة الخضراء للمنتجين لكونها ستصبح أكثر ربحية لهم عندما يقومون بإنتاج الطاقة الكهربائية المولدة منها وبيعها، كما أن هذا النظام سيساعد علي جذب المزيد من المستثمرين، وتتمثل صعوبة هذا النظام في عدم قدرة المستثمرين علي التنبؤ بأسعار الشهادات أو بمطالب واحتياجات السوق لذلك سيكون من الصعب تحديد العائد الربحي لهم بدرجة من الوضوح والشفافية .

> لابد من تطبيق سياسة تجارة الانبعاثات، وسياسة السوق الخضراء، بجانب السياسات الاخري مثل إمامية الكهرباء المتجددة ، وقوانين تغذية الشبكة بالكهرباء .والجدير بالذكر أن تلك السياسات سوف يكون لها عظيم الأثر في دعم وتطوير أسواق الطاقة المتجددة .

وعندما بدأت حديثا الحكومة الدنمركية في تطبيق نظام مبيعات الطاقة الخضراء CTM بدلا من نظام feed-in فإن صناعات الطاقة المتجددة لديهم أوشكت علي التوقف، وكذلك عندما بدأت المملكة المتحدة عام ٢٠٠٢ في تطبيق نظام شهادات الالتزام بالطاقة المتجددة Renewable Obligation Certificate (ROC) لم تنجح في السنة الأولي لعدة أسباب أولها،تزايد عدد البائعين ونقص المشترين ، ولأن الأموال التي كان يجب استثمارها في بناء أنظمة رياح جديدة تم توجيهها لتمويل عمليات شراء هذه الشهادات ROC .

هناك أيضا تجارة الانبعاثات وتعتبر سياسة بديلة وهامة لتنمية وتنشيط وتدويل سوق الطاقة المتجددة، وسوف تبدأ أوروبا قريبا في تطبيق تجارة انبعاثات الكربون وكذلك كندا، كما أن هناك عدداً من الولايات الأمريكية قامت بتطوير سياسة تجارة انبعاثات الكربون، بالرغم من عدم التزام الولايات المتحدة وعدم توقيعها علي اتفاقية الحد من الأنبعاثات .

وفي هولندا يقدم برنامج الطاقة الخضراء مثالاً لنوع إطار العمل الذي يمكن من خلاله زيادة تسويق الطاقة الخضراء، ففي هذه الدولة يوجد ١,٣ مليون مستهلك يمثلون ٢٠% من أجمالي عدد السكان بها، قاموا في نهاية عام ٢٠٠٣ بالتوقيع علي عقود الطاقة الخضراء والتي تنص علي أنه نظرا لأن احتياجات هولندا المستقبلية من الطاقة تفوق القدرات المتاحة حاليا لدي المنتجين الهولنديين، فإن الموقعين يبدون رغبتهم واستعدادهم لشراء الكهرباء المنتجة من مصادر الطاقة المتجددة ، مما كان له أكبر الأثر في دعم هذه السوق الجديدة، هذا الإنجاز الناجح كان ثمرة السياسات التي تبنتها الحكومة الهولندية وتتضمن فرض ضريبة بيئية (Ecotax) ، وزيادة سعر الكهرباء المنتجة من الوقود الحفر ٠,٠٦ يورو/ك.و.س.، منح تخفيضات علي بعض معدات الطاقة المتجددة، وقد ساهم الصندوق العالمي لحماية الحياة البرية في تمويل الحملة الإعلامية لهذا البرنامج لتوعية المستهلكين وحثهم علي توقيع عقود الطاقة الخضراء.

يتضح مما سبق أنه يوجد خطان متوازيان لتنمية وتقوية السوق الخضراء، الأول تفعيل دور سياسة الشهادات الخضراء كأداة هامة للتمويل ، والثاني الدعم الحكومي الإضافي، وتوعية المواطنين بأهمية الطاقة الخضراء . مرة ثانية، هي مجموعة من سياسات مالية وتشريعية لازمة لتحقيق نتائج ايجابية.

وضع نظام حوافز سوق عادل للطاقة المتجددة

مواجهة عدم المساواة في الدعم المالي المقدم لمصادر الطاقة

المشكلة الكبرى لأي برنامج يعتمد علي اقتصاديات السوق: أن الأسواق الحالية لمصادر الطاقة التقليدية ضعيفة ومشوهه للغاية لوجود الدعم المالي المستمر من جانب الحكومة، وأن الدعم الموجه لأي تكنولوجيا للطاقة يجب أن يكون دعما عادلا لا يضر بباقي تكنولوجيات الطاقات المستخدمة.

> إن عدم المساواة المستمر في توزيع الدعم علي مصادر الطاقة المتجددة، ومصادر الطاقة الأخرى يعطي فكرة خاطئة عن إمكانات الطاقة المتجددة في الأسواق العالمية .
>
> ويجب أن تؤخذ في الاعتبار المخاطر،وعدم استقرار الأسعار عند توزيع الدعم علي مصادر الطاقة ، بالإضافة إلى حساب التكاليف والمنافع الاجتماعية والبيئية .

ولسوء الحظ فإن صانعي السياسات يقترحون تدبير مصادر دعم مالي جديدة لمصادر الطاقة المتجددة متناسين أن مصادر الطاقة التقليدية حصلت وما زالت تحصل علي مصادر دعم ومنح مالية ضخمة لا ترد، نتج عنها وجود أسعار خيالية وغير حقيقية للطاقة المولدة باستخدام الوقود الحفري والطاقة النووية، مما يتعذر معه قدرة مصادر الطاقة المتجددة علي منافستها في الأسواق المفتوحة ، وهذا هو السبب الجوهري للتوجه الخاطيء لمعظم صانعي السياسات، وما ترتب عليه من عدم تواجد سوق عادل حاليا لمصادر الطاقة التقليدية.

وكمثال علي ذلك أشار تقرير صدر عن مشروع لسياسات الطاقة المتجددة أن الحكومة الأمريكية أنفقت ١٥٠ مليار دولار كدعم في الفترة من عام ١٩٤٧ إلي عام ١٩٩٩، وحصلت الطاقة النووية علي ٩٦,٣% من هذا الدعم، وأشار نفس التقرير إلي أن كلا من الطاقة النووية وطاقة الرياح تنتجان نفس كمية الطاقة في الخمسة عشر عاما الأولي من تطبيق هذه التكنولوجيات، وهذا يعني أن مقدار الدعم الذي حصلت عليه الطاقة النووية في هذه الفترة كان ٣٩,٤ مليار دولار، بينما حصلت طاقة الرياح علي ٩٠٠ مليون دولار، أي أن الطاقة النووية حصلت علي دعم يعادل ٤٠ ضعفا لما حصلت عليه طاقة الرياح، بالرغم من أن كليهما قد قامت بتوليد نفس كمية الطاقة الكهربائية، أكثر من ذلك فإنه في خلال الخمسة عشر عاما الأولي من تطبيق هذه التكنولوجيات فإن الدعم الممنوح للكيلو وات ساعة المنتج من الطاقة النووية كان ١٥,٣ دولار/ك.و.س ، و ٧,١٩ دولار/ك.و.س للطاقة الشمسية و ٤٦سنت /ك.و.س لطاقة الرياح، وقد أشار التقرير أيضا إلي أنه إذا تم مد الفترة الزمنية من ١٥ عاما إلي ٢٥ عاما من بدء التسويق التجاري لهذه التكنولوجيات كل علي حدة ، فإننا نجد أن الدعم الذي تحصل عليه الطاقة النووية هو ٦٦ سنت / ك.و.س، ٥١ سنت/ ك. و.س للطاقة الشمسية، و ٤ سنت/ك.و.س لطاقة الرياح .

لم يتم مواجهة عدم عدالة توزيع الدعم حتى عام ١٩٩٩ ، حيث تم زيادة الدعم المقدم للطاقة المتجددة إلي مليار دولار في عام ١٩٩٩ (٧٦% من هذا الدعم تم توجيهه إلي إنتاج وقود الإيثانول) .وقد وصل الدعم للوقود الحفري إلي ٢,٢ مليار دولار في نفس العام ، وبالرغم من مرور ٥٢ عاما علي إنشاء أول محطة نووية في الولايات المتحدة فإن الدعم المباشر الذي قدم لها عام ١٩٩٩ قدر بمبلغ ٤٦٠ مليون دولار.وفي عام ١٩٩٩ بلغ عمر الطاقة النووية ٥٢ عاما ومع ذلك يتم دعمها بحوالي ٦٤٠ مليون دولار .

ويدرس الكونجرس الأمريكي الموافقة علي ضمان قروض لمستثمرين لبناء من ٦ إلي ٨ محطات نووية جديدة، وذلك يعني أنه في حالة حدوث أي حادث جسيم لهذه المحطات وعدم قيام أصحابها بسداد التعويضات المطلوبة فإن ذلك سيؤدي إلي تحمل المواطن الأمريكي ١٣ مليار دولار قيمة التأمين علي هذه المحطات ، وذلك بالرغم من وجود نص في قانون التأمينات الأمريكي بعدم تجاوز مبلغ ٩ مليارات دولار كتأمين ضد أي حوادث نووية، وسيؤدي ذلك إلي قيام المواطن الأمريكي بالإسهام في مشاريع نووية قد تصل استثماراتها إلي ٣٠٠ مليار دولار لن يتم تغطية مخاطرها بالكامل في حال وقوع حادث نووي مثلما حدث في حادث تشرنوبيل وحادث جزيرة ثري ميلز، وعلي النقيض من ذلك نجد أنه لن تكون هناك أية أعباء اقتصادية علي المواطنين بهذه الدرجة من الضخامة في حال وقوع حادث لمحطة طاقة متجددة.

ولعل عدم توعية المواطنين بهذه المخاطر المالية الكبيرة في الوقت الذي يتم فيه استنزاف أموالهم لمواجهة هذه المخاطر في حال حدوثها هو أكبر دليل علي عدم مصداقية السوق الحالي للطاقة.

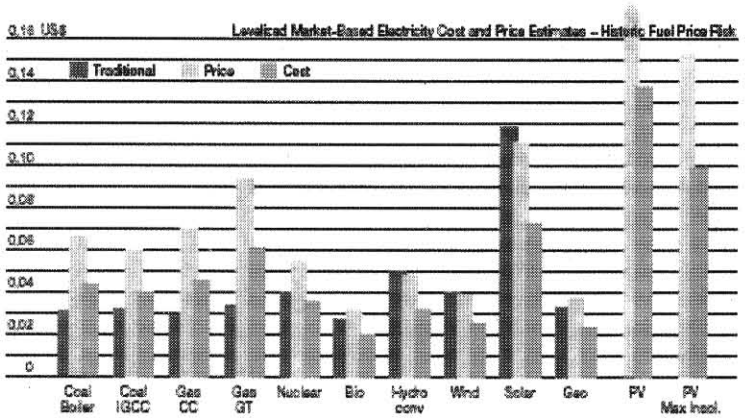
تطوير منهجية ثابتة لتقدير تكلفة الطاقة

توجد صعوبة عند ترويج الطاقة المتجددة اعتمادا علي آليات السوق بسبب أسعار الطاقة التقليدية غير الواقعية، والتي لا تسمح للطاقة المتجددة بمنافستها، فمن المعروف أن عدم نجاحنا في إدخال التكاليف البيئية وإدراجها ضمن عناصر تكلفة الطاقة تجعل جميع مستهلكي الطاقة التقليدية يدفعون دعما لها من جيوبهم بطريقة مباشرة وغير مباشرة، مثل دفع الضرائب، وسداد تكلفة علاج الأضرار الصحية التي يتعرضون لها من جراء استخدام هذه المصادر التقليدية، وإذا تم تقدير هذه التكاليف الاجتماعية بطريقة واضحة، فإن الفجوة بين تكلفة مصادر الطاقة التقليدية ومصادر الطاقة المتجددة غير الملوثة للبيئة ستضيق إلي حد كبير، وربما تنعدم في بعض الحالات.

ولتوضيح ذلك نضرب مثالا لما تتكبده الولايات المتحدة في سبيل توفير الحماية للآبار البترول بدول الخليج وما يتبعه ذلك من نفقات عسكرية باهظة أدت إلي تضاعف سعر الوقود في محطات تزويد وقود السيارات لديها حيث يتساوى سعره مع نفس معدلات الأسعار بأوروبا.

إن الفشل في تقدير التكاليف والأسعار الحقيقية لمصادر الطاقة التقليدية يقودنا إلي فشل أكبر عند تقدير هذه التكلفة باستخدام طرق النمذجة الرياضية ، ونضرب مثلا لذلك من خلال العمل الرائد الذي قام به الدكتور(اوربوش) حيث أشار إلي أن أمن الطاقة سيتأثر كثيراً بالأسعار المتزايدة للوقود أكثر من تأثره بانقطاع مصادر الإمداد بالوقود، وقد استنتجت الدراسة أن زيادة أسعار الوقود ستضيف عنصراً جديداً يسمي عنصر المخاطرة، سيظهر عند حساب معدل الخصم البنكي، والذي سينتج عنه ارتفاع صافي القيمة الحالية للوقود التقليدي، وانخفاض صافي القيمة الحالية لمصادر الطاقة المتجددة، وقد تنبأت دراسة أخري لمعهد (بركلي) بالولايات المتحدة بأن قيمة عنصر المخاطرة الناتج عن ارتفاع الأسعار سيتراوح من ٠,٣ إلي ٠,٦ سنت/ ك.و.س يتم إنتاجه من الوقود التقليدي، وأوضحت الدراسة أن طرق النمذجة الرياضية التي يستخدمها مخططو الطاقة في حساباتهم لتقدير تكاليف الطاقة اعتمادا علي نموذج (T)، قد توقف العمل بها في بعض الصناعات ولكنهم مازالوا يستخدمونها في توقعاتهم لتكاليف الطاقة النسبية.

> يوضح التحليل الاقتصادي للطاقة أن الطاقة المتجددة هي الأرخص والآمن علي الإطلاق حالياً، بالإضافة إلى منافعها الاقتصادية والاجتماعية (مثل توفير صناعات جديدة وفرص عمل جديدة) ، وكذلك انخفاض تكاليف الكهرباء المنتجة من مصادر الطاقة المتجددة، وبذلك يتضح الفارق الكبير بين مصادر الطاقة المتجددة ومصادر الطاقة التقليدية.



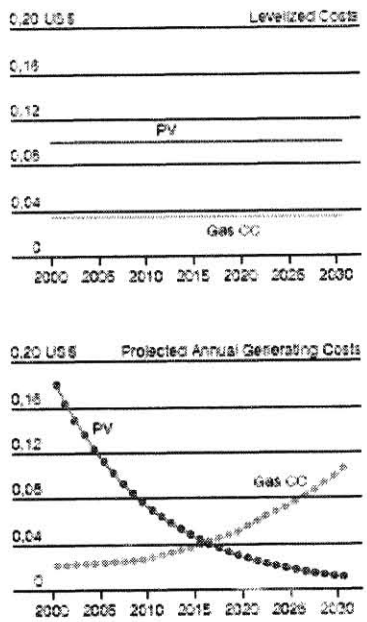
شكل (١٧): تقدير تكلفة المخاطر المحسوبة للكهرباء المبنية علي تحليل مخاطر التغير في أسعار الوقود .

المصدر : Dr. Shimon Awrebuch , RENEWABLE ENERGY WORLD, March-April 2003, p58, with PV added from other Awerbuch work

ويمكـــن أن نســـتنتج مـــن تحاليـــل المخـاطر الاقتصـادية لتلك الدراسـات أن صـافي القيمـة الحاليـة لمصـادر الكتلـة الحيويـة وطاقـة حـرارة بـاطن الأرض والكهرومائية أقل سعرا من مصـادر الوقـود التقليـدي المسـتخدم، مثل حرق الغلايات، وأنظمة الدورة المركبـــة، والتوربينـــات الغازيـــة، والفحم، والطاقة النووية، وأن كلا من الأنظمـــة الفوتوفولتيـــة، والأنظمـــة الحراريـة الشمسية، لهـا قيمـة تكلفـة مخـاطرة اقـل مـن الوقـود التقليـدي، ولكـن مازالـت تكلفتهـا أعلـي مـن مصادر الطاقة المتجددة الأخري.

أكثر من ذلك فإن مفهوم تحديد سعر متوسط للطاقة علي مدي فترة زمنية طويلة لا يتجاهل فيه تـأثير عنصر المخاطرة ، يجب وضعه في الاعتبار لدى صانعي القرارات مستقبلا.

يعتبـر متوسـط سـعر وقـود البتـرول علـي فتـرة ٣٠ عامـا، أرخـص مـن سـعر طاقـة حـرارة بـاطن الأرض أو طاقـة الكتلـة الحيويـة عنـدما بـدأت أسعار البترول في التصاعد (عندما تم ضغط الأسواق المحلية والعالمية)، بينمـا استمرت أسـعار طاقـة حـرارة بـاطن الأرض والكتلـة الحيويـة فـي الانخفاض وسيأتي وقت يصبح فيه البتـرول اعلـي سـعرا مـن مصـادر الطاقـة المتجـددة وسـتجد الحكومـات بعـد ذلـك أنهـا قـد اتبعـت الأسـلوب الخـاطيء فـي التعامـل مـع أسـعار مصـادر الطاقـة ، وستصـبح مصـادر الطاقة المتجددة هي الأفضل مستقبلاً وتصبح مصـادر الطاقـة التقليديـة هـي الأعلي سعرا.



شـكل (١٨) : مقارنـة بين تكلفة الإنتاج السـنوية المـتوقعة للكهـرباء المنـتجة مـن الخلايـا الفوتوفولتـية والـدورة الغازيـة المركبة (CC). فـي عـام ٢٠١٥ سيشـعر المسـتهلكون بشـيء مـن النـدم لإختيارهم الـذى تـم عـام ٢٠٠٠ باسـتخدام الـدورة الغازية المركبة .
المصدر : Dr. Shimon Awrebuch

إن الدول التي يوجد لديها برامج بحوث وتطوير سوف تصبح بلا شك دول رائدة في مجال التكنولوجيا، وبالنسبة للطاقة المتجددة مازالت التكنولوجيا الخاصة بها في حال تطور مستمر ، ويقابلها أيضا تطور السوق واستعداده لتسويق هذه التكنولوجيا من خلال الخبرة المكتسبة من التطبيقات التجارية في هذا المجال، وسوف يكون لبرامج البحوث والتطوير دورٌ كبيرٌ عظيم الأثر في السنوات القادمة .

فمثلا في مجال الأنظمة الفوتوفولتية فإن برامج البحوث والتطوير امتدت لتشمل توازن مكونات الأنظمة وتكاملها، وليس فقط الأبحاث الخاصة بالخلايا الفوتوفولتية ، وتوجد حاجة ماسة لمزيد من البحوث المتعلقة بزيادة كفاءة وقدره الخلايا الفوتوفولتية، وزيادة اعتماديتها، وإدراجها كمكون أساسي بالمباني، وربطها بمرافق الكهرباء المحلية، ومن المتوقع أن تشهد صناعة الخلايا الفوتوفولتية المزيد من الإنجازات الهامة .

وفي مجال توليد الكهرباء باستخدام الطاقة الشمسية الحرارية ، فمازالت توجد حاجة ضرورية إلي برامج بحثية ترفع من كفاءة الأنظمة الحرارية الشمسية، وتقلل من تكلفة المرايات العاكسة، والمركزات الشمسية، ومولدات الكهرباء، وتطور أنظمة تخزين الطاقة الحرارية لتتجاوز ١٢ ساعة تخزين، مما سيكون له تأثير كبير علي دعم اقتصاديات الأنظمة الشمسية لتوليد الكهرباء ورفع كفاءتها.

ويمثل توليد الغاز الحيوي من مصادر الكتلة الحيوية مصدرا هاما لإنتاج الطاقة النظيفة مستقبلا، إلا أنه يحتاج إلي المزيد من التطوير، وتوجد حاجة لمزيد من العمل نحو تطوير أنظمة مزدوجة لتوليد الكهرباء من مصادر الكتلة الحيوية والفحم كعنصر احتياطي، ومازالت هناك الحاجة للمزيد من برامج البحوث والتطوير لزيادة إنتاجية المحاصيل الزراعية التي تستخدم لإنتاج الوقود الحيوي .

وبالنسبة للمباني فإن تكامل أنظمة إمدادها بالطاقة يمثل بعدا جديدا للتطوير والإبداع ، ومما يساعد علي ذلك أن مشروعات تحسين كفاءة الطاقة واستخدام الطاقة المتجددة في المباني الكبيرة يمكن تنفيذها بنفس الميزانية المرصودة في المباني التقليدية .

وفي إطار الخطة الخمسية للاتحاد الأوربي ، فقد تم تخصيص أكبر استثمار لأبحاث الطاقة عقب أزمة البترول التي حدثت عام ١٩٧٣ ، حيث وضع الاتحاد الأوربي بعدها شعار و مبدأ "الطاقة من أجل البقاء " ، وفي نهاية التسعينات أصبحت حصة تمويل الاتحاد الأوربي لميزانية برامج البحوث والتطوير في مجال الطاقة المتجددة ١٤% وفي مجال كفاءة الطاقة ١٢% ، وقد تغير الآن اهتمام الاتحاد الأوربي وأصبحت موضوعات تأمين الطاقة هي القوي المحركة لأنشطة البحوث والتطوير في مجالات الطاقة المتجددة وحماية البيئة واقتصاديات الطاقة، كما أصبح اهتمام الاتحاد الأوربي منصباً علي تمويل برامج البحوث الخاصة بمساعدة المؤسسات الأوروبية علي الهيمنة علي أكبر قدر ممكن من الأسواق العالمية في مجال تطبيقات تكنولوجيات الطاقة المتجددة، وبناء عليه تم توجيه نسبة كبيرة من ميزانية الاتحاد الأوروبي لدعم البحوث التطبيقية وعلي حساب البحوث النظرية .

وقد كان قرار المفوضة الأوربية بالموافقة علي استثمار ٢ مليارات دولار في أبحاث الطاقة المستدامة لمدة الخمس سنوات القادمة قراراً حكيما ، وتعادل ٢٠ ضعفا للميزانية التي تم تخصيصها من عام ١٩٩٧ إلى ٢٠٠١، كما قامت اليابان بدعم برنامجها لبحوث وتطوير الخلايا الفوتوفولتية برصد ٣٠٢,٤ مليون دولار أمريكي عام ٢٠٠٢ و ٢١٨,٦ مليون دولار لعام ٢٠٠٣.

أفاد التقرير النهائي الذي صدر في يوليو ٢٠٠١ لمجموعة الدول الثمانية للاتحاد الأوروبي G8 ، بأن مجموعة الدول الثمانية لا بد أن تتوسع وتستمر في دعم برامج البحث والتطوير لتكنولوجيات الطاقة المتجددة في قطاعات الصناعات والاقتصاد والبناء والمواصلات وخدمات الطاقة، و أكد التقرير أيضا علي أهمية التعاون مع الدول النامية في مجال البحوث والتطوير لترويج ونقل التكنولوجيات التي تتلاءم مع احتياجات تلك الدول .

> الدعم الذي يخصص للبحوث والتطوير يعتبر أهم عنصر في سياسة الطاقة المتجددة القومية ، بالإضافة إلى أهمية التعاون مع الدول الأخرى في أنشطة البحوث والتطوير.
> إن الاهتمام بالبحوث والتطوير يؤدي إلى خلق صناعات جديدة، وإضافة العديد من الامتيازات للدول التي تحقق اكتشافات جديدة في هذا المجال .

نموذجان متكاملان لسياسات الطاقة القومية

من المفيد أن نتناول بالشرح نموذجين لسياسات الطاقة القومية المتكاملة في كل من الولايات المتحدة الأمريكية وألمانيا، وهما يوضحان أهمية تكامل السياسات لتحقيق منافع اقتصادية وبيئية في آن واحد ، وتوجهان أنظار الدول الأخرى إلي أهمية التحول إلي مصادر الطاقة المتجددة.

النموذج الأول يوضح السياسات المطبقة حاليا ببعض الولايات الأمريكية، وهو نموذج واقعي سوف يسهل للإدارة الفيدرالية الحالية أن تكون أكثر استعدادا من الإدارات الفيدرالية السابقة لوضع وتطبيق استراتيجية فيدرالية موحدة ، وعلي الجانب الآخر فإن النموذج الألماني يعبر عن الإطار الحالي لسياسات الطاقة الألمانية التي يتم تطبيقها حاليا، والتي تدفع ألمانيا بقوه للتحول إلي الطاقة المتجددة.

الولايات المتحدة :الوضع الحالي لسياسات الطاقة بالولايات المتحدة حتى نهاية ٢٠٠٣

لا يوجد لدي الولايات المتحدة سياسات محددة لكل من كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة، وبالرغم من أنه قد تم الإعلان في عام ٢٠٠١ عن خطة الطاقة القومية والتي أشارت إلي أنه بدون الجهود الفعالة التي بذلتها الولايات المتحدة عقب أزمة الطاقة في عام ١٩٧٣ لزاد استهلاكها من الطاقة بنسبة تتراوح من ٣٠% إلي ٥٠% مما تستهلكه الآن.

لا توجد لدي الولايات المتحدة سياسات مستقرة بعيدة المدى يمكنها أن تجني ثمارها في المستقبل، وهذا صحيح، لاسيما فيما يتعلق بالطاقة المتجددة حيث توقعت الإدارة الفيدرالية في خطتها لعام ٢٠٠١ أن ترتفع نسبة استخدام الطاقة المتجددة من ٢% إلي ٢,٨% عام ٢٠٢٠ وهي نسبة ضعيفة لا يشعر معها أي مستثمر بالثقة والاطمئنان.

لا نستطيع القول بأنه لا يوجد دعم فيدرالي للطاقة المتجددة، حيث توجد ضريبة إنتاج قيمتها ١,٨ سنت لكل ك.و.س. ينتج من طاقة الرياح أو طاقة الكتلة الحيوية، وقد كان لفرض مثل هذه الضريبة دور كبير وهام نحو الاهتمام بصناعة التوربينات الهوائية وأنظمة طاقة الرياح وطاقة الكتلة الحيوية.

تكرر هذا الدعم مرارا وتكرارا وأحيانا كان يتوقف عام ثم يستأنف بعدها لمدة عام أخر وبدون أية ضوابط ثابتة تساعد علي جذب استثمارات جديدة.

لحسن الحظ فإن بعض حكومات للولايات الأمريكية قررت عدم انتظار الدعم الفيدرالي ، وأخذت علي عاتقها مسئولية تحقيق سياسة الطاقة الآمنة، وقامت بوضع تشريعات تدعم التطبيق السريع لمصادر الطاقة المتجددة وتوفير الأمان لها، وتم تطوير عدة برامج للتأكيد علي جدوى أهداف برامج الطاقة المتجددة، وتم اقتراح سياسات قومية محلية بعيدة عن الدعم الفيدرالي الحكومي .

في منتصف عام ٢٠٠٣ تعهدت ١٣ ولاية بتنفيذ سياسة إمامية الطاقة المتجددة RPS ، مما سيؤدي إلي إنتاج ١٤٢٣٠ ميجاوات من الطاقة المتجددة عام ٢٠١٧ أي أكثر من مستوياتها عام ١٩٩٧ بحوالي ١٠٥% ، وقامت ٨ ولايات بوضع تشريعات للطاقة المتجددة والأخذ بسياسة RPS وذلك عند هيكلة مرافق الكهرباء المملوكة لها، ولكن ولاية ويسكنسون والتي لم تقم بهيكلة مرافقها التحتية قامت بتنفيذ معايير الطاقة المتجددة RPS ، وبذلك تضمن سياسة حكومية مقيدة وملتزمة مستقبلا بتحقيق نسبة مشاركة الطاقة المتجددة المتفق عليها.

تعتبر كاليفورنيا هي الولاية الرائدة في تطوير الطاقة المتجددة حيث تطالب المستثمرين أصحاب شبكات ومرافق الكهرباء أن يزيدوا من استخدام الطاقة المتجددة بمعدل ١% سنويا حتى تصل الولاية لتحقيق نسبة ٢٠% عام ٢٠١٧ ، وسوف تنتج كاليفورنيا ٢١٠٠٠ ميجاوات ساعة عام ٢٠١٧ من مصادر الطاقة المتجددة ، وهي إضافة تعادل ضعف استهلاك كاليفورنيا من مصادر الطاقة المتجددة وسيكون لها أكبر الأثر في تقليل اعتماد كاليفورنيا علي الغاز الطبيعي لإنتاج الكهرباء.

وقد أكدت إدارة الطاقة في كاليفورنيا في دراسة تحليلية لها نشرت في عام ٢٠٠٣ أن كاليفورنيا سوف تعتمد اعتماداً كبيراً علي إنتاج الكهرباء من الطاقة المتجددة لتحقيق هذا الهدف وأن حوالي ٢٥٠٠٠ جيجاوات ساعة كل عام سوف تأتي من مشروعات طاقة متجددة تم بناؤها عام ٢٠٠٣ ، وأكد التقرير أيضا علي أهمية التخطيط لتطوير ومد خطوط توصيل الطاقة المتجددة لكل المناطق .

تعتبر ولاية نيفادا هي أكبر ثاني ولاية في الولايات المتحدة من حيث التزامها بسياسات الطاقة المتجددة ، حيث تهدف لأن تصل نسبة إنتاج الكهرباء بها من الطاقة المتجددة إلي ١٥% عام ٢٠١٣، و ٥% من هذه النسبةسوف تأتي من الطاقة الشمسية، وكذلك ولاية منيسوتا Minnesota التي التزمت بأن تصل نسبة الطاقة المتجددة بها إلي ١٠% من إنتاج الطاقة الكهربائية عام ٢٠١٥، وحينما تضاف إلي مزارع الرياح وأنظمة طاقة الكتلة الحيوية بسعتهما الإجمالية وقدرهما ٩٥٠ ميجاوات بجزيرة (براري) فإن

نسبة إسهام الطاقة المتجددة في ولاية منيسوتا بحلول عام ٢٠١٥ ستصل إلي ١٥%.

تعتبر تكساس ثاني ولاية بعد كاليفورنيا، في إنتاج الطاقة المتجددة حيث أصدرت قانوناً في عهد عمدتها السابق (الرئيس الحالي بوش) لتركيب أنظمة طاقة متجددة بقدرة ٢٠٠٠ ميجاوات حتى عام ٢٠٠٩ .

وقد قامت ١٤ ولاية برصد استثمارات بإجمالي ٤,٥ مليارات دولار بحلول عام ٢٠١٧ للطاقة المتجددة وقد قرر برامج تمويل الطاقة المتجددة متحدا مع سياسة RPS لإمامية الطاقة المتجددة، إنتاج ١٥٢١٥ ميجاوات جديدة بالإضافة إلي تطوير ٧٠٢٠ ميجاوات من الطاقة المتجددة الموجودة حاليا وذلك بحلول عام ٢٠١٧ .

هذا يعني أن تطبيق تلك السياسات والبرامج سينتج عنها خفض انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون بما يعادل النقص في عدد السيارات المنطلقة علي الطريق يقدر بـ ٧,٤ ملايين سيارة أو ما يعادل زراعة ٤,٥ ملايين هكتار من الأشجار.

وقد تم تدعيم هذه البرامج ببرامج أخري تشريعية لدعم كفاءة الطاقة بإجمالي ٨,٦ مليار دولار عام ٢٠١٢ ودعم برنامج البحوث والتطوير بإجمالي ١,١ مليار دولار عام ٢٠١٢ .

يتم أيضا تطوير وترويج أنظمة الخلايا الفوتوفولتية والتوربينات الهوائية صغيرة الحجم باستخدام قانون المقاصة net metering والذي تم تطبيقه في ٣٦ ولاية من الولايات الخمسين ، وتم توصيل معظم الأنظمة الفوتوفولتية والتوربينات الهوائية بالشبكات المحلية ويوجد من هذه الأنظمة أحجام متنوعة وهى ١٠كيلو وات ، و٢٥ كيلووات حتى ١٠٠ كيلو وات ، وفى كاليفورنيا وصلت قدرة بعض الأنظمة الفوتوفولتية إلى ١ ميجاوات، مما أدى إلى امتداد هذه الأنظمة إلى المراكز التجارية وأماكن انتظار السيارات .

ومن الواضح أن ربط أنظمة الطاقة المتجددة بالشبكات الكهربية المحلية يعطي لهذه الشبكات الثقة في كفاءتها، وقد تم إضافة مصادر طاقة متجددة جديدة إلي ولاية ويسكنسون عام ٢٠٠٣ ، وساعد علي ذلك سياسة الولاية في السماح بتخزين الكهرباء داخل الشبكة بدون حد أقصي مما أدي إلي زيادة استثمارات الطاقة المتجددة لتحقيق معايير الطاقة المتجددة في عام ٢٠١١.

تجاوزت ولاية تكساس سياسة إمامية الطاقة المتجددة بنسبة ١٥٠%، حيث قامت بإنشاء مزارع رياح قدرة ٩٠٠ ميجاوات بينما المطلوب منها إنشاء ٤٠٠ ميجاوات فقط)، ومن المتوقع أن تصل قدرة مزارع الرياح لديها إلي ٢٠٠٠ميجاوات عام ٢٠٠٩ .

قامت كل من ولايتي نيفادا وأوتاها بزيادة نسبتهما في سياسة RPS حيث ستحقق نيفادا أهدافها من الطاقة الشمسية لعام ٢٠١٣ في عام ٢٠٠٥ بالإضافة إلي استمرارها في تحقيق الهدف من توليد طاقة كهربائية حرارية شمسية قدرة ٥٠ ميجاوات .

المخطط الأمريكي لتفعيل الطاقة النظيفة

إن هذا السبق الذي حققته بعض الولايات في غاية الأهمية، ويملأ الفراغ الذي نشأ لعدم وجود سياسة فيدرالية موحدة إلا أنه يمكن تحقيق المزيد مع وجود سياسات قومية تدعمها تشريعات ولوائح تنفيذية.
فعلي سبيل المثال فقد قام اتحاد العلماء المختصين UCS عام ٢٠٠١ - وهي منظمة أهلية تهدف إلي ترويج البرامج والسياسات التي تعود بالنفع العام علي المجتمع من بينها الطاقة النظيفة- بإصدار مخطط لمستقبل الطاقة النظيفة يهدف إلي إنتاج ٢٠% من الكهرباء عام ٢٠٢٠ عن طريق مصادر الطاقة المتجددة، والتي ستوفر منافع وجدوى اقتصادية وبيئية عظيمتين .

وطبقا لما تمت الإشارة إليه في هذا الكتاب الأبيض من أن التعجيل في تطبيقات الطاقة المتجددة لن ينتج من اتباع سياسة واحدة أو سياستين، فإن مخطط مستقبل الطاقة النظيفة يوضح أهمية التكامل بين سياسات عديدة في إطار مشترك، حيث تم اقتراح السياسات التالية:-

- إن العمل بسياسة RPS يتطلب من الشبكات والمرافق المحلية زيادة استخدام طاقة الرياح وطاقة الكتلة الحيوية وطاقة حرارة باطن الأرض من ٢% عام ٢٠٠٢ إلي ١٠% عام ٢٠١٠ وإلي ٢٠% عام ٢٠٢٠ .

- فرض ضريبة إضافية علي الكهرباء بواقع ٠,٢ سنت/ ك.وس.، وبفرض أن متوسط استهلاك الأسرة الواحدة هو ٥٠٠ ك.و.س. شهريا، فإن ما ستدفعه الأسرة يعادل ١ دولاراً شهريا، وتستخدم حصيلة هذه الضريبة في تمويل تطبيقات الطاقة

المتجددة، كفاءة الطاقة، البحوث والتطوير.

- فرض ضريبة علي إنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة قدرها ١,٨ سنت/ ك.و.س حتى نهاية عام ٢٠٠٦، تخصص حصيلة هذه الضريبة لتوفير دعم لمصادر الطاقة المتجددة أسوة بالدعم الذي يتم تخصيصه لمصادر الطاقة التقليدية والطاقة النووية.

- العمل علي تعميم نظام المقاصة (net metering) للمواطنين الذين يسهمون في امتلاك محطات طاقة متجددة لتوليد الكهرباء.

- زيادة الإنفاق علي برامج بحوث وتطوير الطاقة المتجددة بنسبة ٦٠% علي مدار ثلاث سنوات، لتصل إلي ٦٥٢ مليون دولار عام ٢٠٠٥، وهذا يمثل أكثر من ضعف ميزانية البحوث والتطوير للطاقة المتجددة في اليابان عام ٢٠٠٢، ورصد دعم لبحوث وتطوير كفاءة الطاقة قدره ٩٠٠ مليون دولار عام ٢٠٠٥ .

- في مجال الدورة المركبة (CHP) : خفض الضرائب علي المستثمرين ، وتقليل فترات الإهلاك، وإزالة العوائق الإجرائية وذلك لمحطات CHP التي ستفيد من استعادة الحرارة المفقودة لإنتاج الكهرباء عند كفاءة تتراوح بين ٦٠% إلي ٧٠%.

- تحسين معايير كفاءة الطاقة: إصدار مواصفات قياسية لترشيد استهلاك الطاقة للعديد من المنتجات، ومراجعة المقاييس القومية الحالية لتصبح ذات قيمة فنية واقتصادية.

- في مجال المباني: اتباع الاشتراطات والمعايير الخاصة بالمباني والصادرة في عام ١٩٩٩/٢٠٠٠ بالإضافة إلي تطبيق ضوابط جديدة بحلول عام ٢٠١٠ والتي تفوق الضوابط المستخدمة اليوم .

- إعفاءات ضريبية لتحسين كفاءة الأجهزة المنزلية المستخدمة بالمباني

- تحسين كفاءة استهلاك الطاقة بالمصانع: تقوم المصانع بخفض استهلاكها من الطاقة بنسبة من١ إلي ٢% سنويا من خلال دعم فيدرالي مالي وفني وبحثي.

تم إعداد دراسة تحليلية اقتصادية للتكاليف والمنافع لمجموعة هذه السياسات باستخدام طرق نمذجة ومحاكاة رياضية وكانت نتائجها كالآتي:-

- تستطيع الولايات المتحدة بلا شك الوفاء بنسبة ٢٠% من احتياجاتها للكهرباء عام ٢٠٢٠ من مصادر الرياح،الشمس، باطن الأرض، الكتلة الحيوية.

- سيوفر مستهلكو الطاقة بالولايات المتحدة ٤٤٠مليار دولار بحلول ٢٠٢٠، وصافي توفير ١٥٠مليار دولار سنويا بواقع ٣٥٠ دولار سنويا للأسرة الواحدة.

- ستنخفض قيمة الفاتورة الشهرية للاستهلاك الكهربي (لأسرة متوسطة) من ٤٠ دولاراً عام ٢٠٠٠ إلي ٢٥ دولاراً عام ٢٠٢٠.

- من المتوقع أن تسهم سياسة تحسين كفاءة استخدام الطاقة والطاقات المتجددة في خفض سعر الغاز الطبيعي بنسبة ٢٧% بحلول عام ٢٠٢٠ ، وسيصل إجمالي ما توفره المباني السكنية والإدارية إلي ٣٠ مليار دولار سنويا بحلول عام ٢٠٢٠ .

- سيقل الطلب علي الغاز الطبيعي بنسبة ٣٠% وعلي الفحم بنسبة ٦٠%(فتقل ٧٥٠ مليون طن سنويا من كمية الفحم المحترق)، كما سيتم توفير ٤٠٠ مليون برميل زيت سنويا عام ٢٠٢٠.

- يمكن الاستغناء عن بناء ٩٧٥ محطة تقليدية جديدة(قدرة ٣٠٠ ميجاوات للمحطة)بالإضافة إلي ١٣٠٠ محطة أخري مخطط إنشاؤها طبقا لخطة الطاقة القومية، كما يمكن إحالة ١٨٠ محطة قديمة تعمل بالفحم و١٤ محطة نووية(قدرة المحطة ١٠٠٠ ميجاوات) إلي التقاعد، كما سيمكن الاستغناء عن إنشاء خطوط نقل للغاز بطول ٣٠٠ ألف ميل و خطوط نقل كهرباء بطول ٧٠٠٠ ميل، والمزمع تنفيذها في سياسة الطاقة القومية.

- خفض انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون بمقدار ثلثي الإنبعاثات المتوقع حدوثها عام ٢٠٢٠، وخفض الانبعاثات الضارة للمحطات التقليدية للأكاسيد النيتروجينية وثاني أكسيد الكبريت بنسبة ٥٥%.

ما مدي واقعية هذه الاستنتاجات والمنافع؟ لقد تم تقييم أثر تطبيق سياسة RPS للوصول إلي نسبة ٢٠% من الكهرباء عام ٢٠٢٠ بالمصادر المتجددة، بافتراض تكاليف مرتفعة للطاقة المتجددة وافتراض تكاليف متحفظة أيضا وذلك من خلال إدارة الطاقة الأمريكية، وأفادت النتائج التي تم التوصل إليها بأنه سيكون هناك توفير يسير لإجمالي استهلاك الطاقة بحلول عام ٢٠٢٠.

دراسات أخري تضمنت فروض واقعية وربطت بين سياستي ترشيد

الاستهلاك ورفع كفاءة الطاقة من ناحية، ومع سياسة نشر تطبيقات الطاقة المتجددة، أفادت بأنه سيتحقق وفر قدره عدة مليارات من الدولارات بحلول عام ٢٠٢٠.

وقد تناول هذا النموذج الرياضي دراسة جميع المنافع التي تنتظر الحكومة في حالة اتباعها مجموعة سياسات متكاملة للتحول إلي الطاقة المتجددة.

ولكي تحصد الحكومة جميع هذه المنافع فيجب أن يكون لها رؤية لسياسة بعيدة المدى لتنفيذ كل السياسات المقترحة والسابق ذكرها، فتطوير مصادر الطاقة المتجددة في ألمانيا ، علي سبيل المثال، نتج عنه معدل نمو ثابت علي مدي السنوات العشر الماضية ويرجع ذلك إلي السياسات المستقرة التي تنتهجها ألمانيا، بينما نجد أن صناعات الطاقة المتجددة في الولايات المتحدة تتخبط وتتعثر من عام إلي عام، وتغوص في مستنقعات عدم وضوح رؤية وسياسات متضاربة للطاقة المتجددة ذات أفق ضيق. المثال التالي للاستراتيجية بعيدة المدى في ألمانيا تدفع بقوه سياسة الطاقة المتجددة وتزيد من الاستثمارات الحكومية وتسير بها نحو تحول حقيقي غير زائف للانتقال بها إلي عصر الطاقة المتجددة.

ألمانيا: سياسة الطاقة المتجددة الفعالة بعيدة المدى

تتبع ألمانيا مجموعة سياسات تهدف إلي خفض انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، وجزء من هذه السياسات يهدف إلي تطوير مصادر الطاقة المتجددة بمعدلات سريعة.

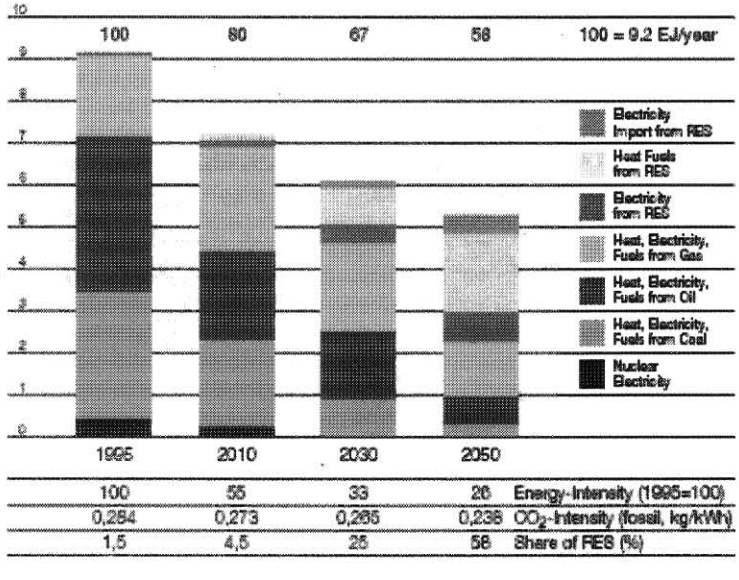
أدت نتائج هذه السياسات إلي القفز بألمانيا لزعامة طاقة الرياح عالميا، حيث يوجد لديها مزارع رياح بقدرة ١٢ ألف ميجا وات عام ٢٠٠٢، ولتصبح الدولة الثالثة عالميا في إنتاج الكهرباء من الخلايا الفوتوفولتية.

وقد تم وضع أطر السياسات الألمانية من خلال وزارة البيئة الفيدرالية ودعمتها الدراسات والسيناريوهات التحليلية لمعهد (وبرتال) الألماني، مفاتيح عناصر للسيناريو بعيد المدى والذي يطلق عليه "اقتصاديات الطاقة الشمسية في ألمانيا" تفترض أن إنتاج الطاقة سيرتفع سنويا بمعدل يتراوح من ٣ إلي ٣,٥% حتى ٢٠٣٠ نتيجة للنمو الاقتصادي المستمر، إلا أن إجمالي احتياجات ألمانيا من مصادر الطاقة الأولية سيقل بنسبة ٣٠% بحلول عام ٢٠٣٠ نتيجة لتطبيق كل من سياسة تحسين كفاءة الطاقة وسياسة التحول للطاقة المتجددة وزيادة إسهاماتها الفعالة .

بحلول عام ٢٠٣٠ فإن جميع محطات توليد الكهرباء النووية ستخرج من الخدمة، وستسهم الطاقة المتجددة بحوالي ٢٥% من إجمالي مصادر الطاقة الأولية وترتفع إلي ٥٨% بحلول عام ٢٠٥٠ والتي عندها ستكون ألمانيا قد تحولت إلي الطاقة المتجددة بتفوق.

ويشير السيناريو أيضا إلي أن الكهرباء المنتجة من الطاقة المتجددة ستصل إلي ٥٠% من إجمالي الكهرباء المولدة عام ٢٠٤٠ ترتفع نسبتها إلي ٦٥% عام ٢٠٥٠، وسيساعد علي هذه القفزة التحول من إنشاء محطات مركزية لتوليد الكهرباء إلي الاعتماد بشده علي توليد الكهرباء في أماكن احتياجها، خاصة أن ٧٠% من محطات القوي سيتم استبدالها بحلول عام ٢٠٢٠ .

افترضت هذه النتائج أيضا توفير الطاقة في المباني ، وقطاعات النقل والتدفئة، واعتماد هذه القطاعات الثلاثة علي الطاقة المتجددة . وكمثال علي ذلك، وطبقا لنتائج هذا النموذج الرياضي فإن إجمالي الكهرباء المطلوبة في ألمانيا ستنخفض بنسبة ١٢% عام ٢٠٥٠ عن عام ٢٠٠٠ .



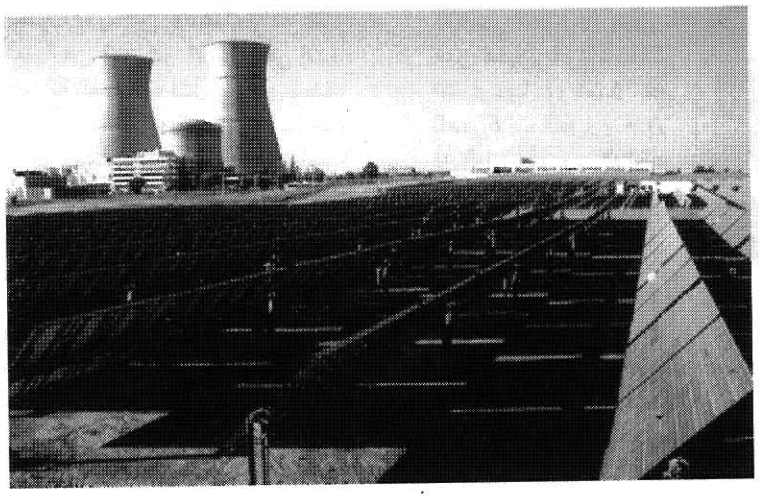
شكل (١٩) : الخطة الألمانية بعيدة المدى لخفض استخدامات الطاقة في الاقتصاد المتنامي، ولزيادة نسب استخدامات الطاقة المتجددة إلي مستويات مؤثرة .

المصدر : Dr. Manfred Fischedik, Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy

هـذه المتغيـرات لـن تحـدث بـدون تكاليف، إلا أنها تتوازن مع ما تحققه من وفر في الوقود وإنشاء محطات جديدة، التقدير الموضوع هو أن ما يتم إنفاقه سنويا لهذا التحول يقدر بحوالي ٣,٨ مليارات يورو سنويا، أو ما يعادل ٤٨ يورو/مواطن /سنة تمثل حوالي ٠,١٤% من إجمالي الناتج المحلي لألمانيا، وهذه الأرقام لا تأخذ في الاعتبار المنافع الاقتصادية من الصناعات الجديدة لمصادر الطاقة المتجددة والوظائف المترتبة عنها (يتوقع التحليل خلق ما بين ٨٥ ألف و ٢٠٠ ألفا وظيفة جديدة في مجال صناعة البناء، وما بين ٢٥٠ ألفا و ٣٥٠ ألفا وظيفة في صناعات الطاقة المتجددة).

ويتوقع النموذج التحليلي أيضا أن الطاقة المتجددة ستمد ألمانيا بنسبة ١٠٠% بكامل احتياجاتها بحلول عام ٢٠٧٠ .

أشار تقرير أصدره المجلس الاستشاري الألماني في عام ٢٠٠٣ أن هذه السياسات والأهداف قد تؤدي إلي دفع العالم للتحول بقوة إلي الطاقة الآمنة، وحماية البيئة، ومساواة الدول الفقيرة والغنية في اعتمادها علي الطاقة، وبالإضافة إلي سياستي تحسين كفاءة الطاقة والتحول للطاقة المتجددة، فإنه يجب أن يكون هنالك التزام بقطع جميع أنواع الدعم عن الوقود الحفري بحلول عام ٢٠٢٠، وبالمزيد من الاستثمارات لتطوير البنية التحتية للمرافق والشبكات الكهربائية لتكون قادرة علي دعم محطات توليد الكهرباء غير المركزية.



شكل (٢٠) : قصة من البداية . محطة توليد الطاقة النووية (Rancho Seco) في مقاطعة سكرمنتو بكاليفورنيا ، توقفت وخرجت من الخدمة لإرتفاع تكلفة تشغيلها وصيانتها ، الطاقة الكهربية التي كانت تنتجها تم إستعواضها باستخدام سياسة كفاءة الطاقة، والكهرباء المنتجة من أكبر محطة في العالم للخلايا الفوتوفولتية والمقامة بسكرمنتو .
Photographed by Dr. Donald Aitken

الخلاصة

لا يوجد مصدر محدد من الطاقة المتجددة يمكن الادعاء بأنه أكثر أهمية من المصادر الأخرى في إمداده بالطاقة للمجتمع، فكل مصدر للطاقة له مكانته وأهميته في حزمة التكنولوجيات المتنوعة من ناحية المنافع البيئية والاقتصادية الناجمة عنه.

لا يمكننا مثلا اعتبار أن الخلايا الفوتوفولتية- لكونها الأكثر انتشارا- هي الأكثر أهمية للمجتمع أو للاقتصاد من تكنولوجيات الطاقة الشمسية الحرارية أو من المباني الموفرة للطاقة، وبالتالي التركيز عليها وحدها لتحل محلهما، لأن كل استفادة ولو كانت صغيرة من الطاقة الشمسية هي مكسب وإضافة للمنافع البيئية والاقتصادية.

المتر المربع الواحد من الخلايا الفوتوفولتية يمكنه إمداد ١٠٠ وات من الكهرباء من تيار متغير، والمتر المربع الواحد من المرايا العاكسة يمكنه إمداد حوالي ١٠٠ وات من الكهرباء من خلال تكنولوجيا التوليد الشمسي الحراري ، وربما ٢٠٠ وات من الكهرباء باستخدام تكنولوجيا دورة ستيرلينج للمحركات الحرارية، إلا أن المتر المربع الواحد من الإشعاع الشمسي الساقط يمكنه توليد ٣٠٠ وات من الطاقة الحرارية لاستخدامها في تسخين المياه أو التدفئة المنزلية، وأن المتر المربع الواحد من الإشعاع الشمسي المباشر الساقط من خلال مساحة متر مربع لزجاج نافذة في مبني يمكنه إنتاج نفس الحرارة التي تعطيها مدفأة كهربية قدرة ٦٠٠ وات . ونفس هذه المساحة من الزجاج يمكنها إدخال ضوء النهار بكفاءة تعادل ضعف نسبة (اللومن/ الوات) والتي تولدها أكثر تكنولوجيات للإضاءة الداخلية الصناعية تقدما موفرة حوالي ١٠٠ وات من الاستهلاك الكهربي.

كل هذه الأمتار المربعة من المجمعات الشمسية وكل هذه المساحات من الأفدنة لامتصاص الطاقة الشمسية الساقطة، وكل الريش الهوائية لتحويل طاقة الرياح، وكل الآبار الجوفية التي تمدنا بالطاقة الحرارية للأرض، وكل المياه التي تمدنا بالطاقة الهيدرومائية، وكل الأمواج والمد والجزر، سوف تحل محل الوقود الحفري الذي يتضاءل يوما بعد يوم، وتحل محل المحطات النووية لتوليد الكهرباء والتي ستخرج من الخدمة علي مستوي العالم كله، وستوفر الوقود الحفري لاستخدامه في تطبيقات أخري أكثر نفعا من الناحية الاقتصادية، أو لاستخدامه في نظام مزدوج مع مصادر الطاقة المتقطعة كالشمس والرياح، مما سيؤدي إلي خلق مجتمعات واقتصاديات آمنة وقوية بخلاف خفض انبعاثات الكربون والغازات الأخرى من الغلاف الجوي بدرجة كبيرة نتيجة لسياسات جذابة اقتصاديا ومفيدة وليس نتيجة غرامات بيئية مرتفعة القيمة.

> يجب ان تدعم سياسة الطاقة انظمة الطاقة المتكاملة التي يعتمد عليها المجتمع، ويجب أن تستثمر التطورات التي تحدث في هذه الأنظمة .

إن انطلاق وبزوغ سياسات تطوير الطاقة المتجددة علي مستوي جميع الدول ، ووضع قواعد وضوابط لضمان تحقيق هذه الأهداف يثير الحماس والأمل لدينا.

يهدف برنامج الاتحاد الأوروبي المقترح " الطاقة الذكية في أوروبا" إلي توحيد كافة البرامج المتعددة والمدرجة ضمن أطار خطة عمل الاتحاد الأوروبي في الفترة ١٩٩٨ – ٢٠٠٢ وإعادة تمويلها ضمن إطار خطة عمل ٢٠٠٣-٢٠٠٦، والمقصود كما هو واضح من اسم هذا البرنامج هو الدور الذكي لسياسات تحسين الكفاءة والتحول لمصادر الطاقة المتجددة في تحقيق رفاهية أكثر لجميع الدول الأوروبية،

شكل (٢١) : يمكن للأطفال حاليا، أن يلمسوا ويشعروا ببدء التحول نحو الطاقة المتجددة ، والتي ستكون هامة للغاية لتؤمن لهم الرفاهية في المستقبل .
Photographed by Dr. Donald Aitken

وقد اقترح الإتحاد الأوروبي إنشاء "الوكالة الأوروبية للطاقة الذكية" لتسهيل نشر تطبيقات تحسين الكفاءة، والطاقة المتجددة وإعادة تطبيق الدروس المستفادة من هذه البرامج في جميع الدول الأوروبية .

يجب أن تكون الحكومات العميل الأكبر للطاقة المتجددة لكونها أكبر كيان يمتلك مباني، ويجب أن تقوم الحكومات بتصميم وتحويل جميع المباني المملوكة لها لتصبح نماذج للمباني المستدامة والموفرة للطاقة، ويجب أن تفيد الحكومات من قدرتها علي شراء معدات الطاقة المتجددة بكميات كبيرة ومن الخفض المستمر في أسعار تقنيات الطاقة المتجددة لاستخدامها في عمليات الأمن والدفاع عن هذه المباني، وبهذه الطريقة فإن الحكومات يمكنها تسهيل إدخال تقنيات الطاقة الشمسية إلي السوق والاستمرار في تحقيق التزاماتها تجاه القوانين والسياسات والأهداف المقترحة.

إن التحول إلي الطاقة المتجددة سيتم من مدينة – إلي- مدينة، ومن مقاطعة- إلي- مقاطعة، ومن دولة- إلي- دولة، وسيتم ذلك في كل مكان تصل فيه تطبيقات الطاقة المتجددة إلي "المستوي الحرج" الذي لا يمكن الرجوع عنه، و الوصول إلي هذه المرحلة سيتم عندما يعتاد ويألف المواطنون، الحكومات، المشرعون، ملاك المرافق والشبكات، البنوك والمستثمرون علي استخدام تلك التقنيات، وعندما يصبح إجمالي ما تم تركيبه من مزارع رياح ١٠٠ ميجاوات، وعندما تكون أسطح المباني المليئة بالخلايا الفوتوفولتية مصدرا للزهو والتباهي الشخصي.

مدينة سكرامنتو بكاليفورنيا مثلا، والتي بها أكثر من ١٠٠٠ سطح مبني مجهز بالخلايا الشمسية يوجد لديها آلاف الطلبات التي ترغب في الحذو نحو نفس المنهج لتركيب خلايا فوتوفولتية.

وينطبق نفس الموقف علي البرنامج الياباني والألماني لأنظمة PV باستثناء أن هذه الدول يوجد لديها عشرات الآلاف من الطلبات الراغبة في تركيب خلايا فوتوفولتية.
تحتاج الحكومات إلي وضع وضمان وتنفيذ وسائل لتحقيق أهداف وسياسات الطاقة المتجددة وتحسين كفاءة الطاقة، وآلية تنفيذ هذه الأهداف يجب أن تكون حزمة واحدة متكاملة من السياسات المستقرة.

أفضل سياسة هي الخليط من السياسات التي تربط وتجمع بين سياسة RPS و الدعم المالي المباشر، ودعم مدفوعات إنتاج الطاقة، تيسير القروض، إعفاءات ضريبية، تطوير آليات السوق، إزالة العقبات الحالية، ريادة الحكومة، ونشر الوعي لدي المواطنين.

أكثر من ذلك فإن الآليات المالية والتشريعية المؤدية إلي تنفيذ تلك السياسات يجب تطبيقها عاماً بعد عام، بنفس روح الجدية والالتزام، وهذا يتطلب استمرارية الإرادة السياسية للوزارات والهيئات المعنية ليصبحوا مدركين ومقتنعين أن ذلك سيؤدي إلي التقدم المذهل لمجتمعاتهم.

هذا الكتاب الأبيض يوضح أن التحول للطاقة المتجددة ليس ثمرة من ثمرات الخيال وليس استغراقا في أحلام اليقظة ولكنه علي النقيض من ذلك رؤية حقيقية، يمكن أن تحققها الدول الصناعية، من خلال التقنيات المتوافرة حاليا، في زمن مناسب وبتكاليف مناسبة.

ومن الجلي بوضوح أن الإرادة التي تنبع من داخل الشعوب وحكومات الشعوب متضامنة مع تكيف المرافق والشبكات والهيئات والمؤسسات الاجتماعية ستوضح الدول الناجحة والفاشلة.

يجب أن يبدأ التحول للطاقة المتجددة من الآن، وألا سيكون متأخرا للغاية .

يجب علي الحكومات والمدن،والشركات والشعوب التعاون لإتمام عملية التحول إلي الطاقة المتجددة مدركين أن المزيد من المنافع البيئية والمجتمعية والشخصية سوف تأتي .

إن الطاقة الشمسية - مصدر الحياة علي سطح الأرض – هي الدعامة الأساسية للسياسة الآمنة والمستدامة والعقلانية لمستقبل الطاقة .

Acknowledgements

This White Paper was assembled from many sources, as well as from reviews and suggestions by many people. The author of this White Paper (DWA) wishes to acknowledge with gratitude some of the principal sources for information and comments utilized in this report. The following lists those who were personally contacted, who directed the author to other resources or persons, gave counsel, and performed reviews of draft material:

Bionergy
Dr. Ralph Overend (NREL)
Prof. Larry Baxter (BYU)

Geothermal energy
Anna Carter (IGA)
Dr. John Lund
Dr. Gary Huttrer
Dr. Cesare Silvi

Energy and power from the wind
Randall Swisher (AWEA)
Jim Caldwell (AWEA)
Dan Juhl
Peter Asmus
Paul Gipe

Passive solar heating and daylighting of buildings
Edward Mazria

Solar thermal electric energy generation
Dr. David Kearney
Dr. Michael Geyer
Dr. Gilbert Cohen (Duke Energy)
Dr. Frederick Morse

Photovoltaic energy generation
Paul Maycock
Steven Strong
Dr. John Byrne (University of Delaware)
Dan Shugar (PowerLight)

Policies and policy examples
Dr. Niels Meyer
(Technical University of Denmark)
Rick Sellers (IEA)
Alan Nogee (UCS)
Steve Clemmer (UCS)
Jeff Deyette (UCS)

European Union policies and resources
Rian van Staden (ISES)

Germany sustainable energy case example
Dr. Manfred Fischedick
(Wuppertal Institute)

German policies
Burkhard Holder (Solar-Fabrik AG)
Rian van Staden (ISES)

China policies and solar installations
Dr. Jan Hamrin
Dr. Li Hua

Japan policies and PV installations
Osamu Ikki
Takahashi Ohigashi

Cyprus solar installations
Dr. Despina Serghides

Denmark policies
Torben Esbensen
Dr. Niels Meyer
Preben Maegaard
(Folkecenter for Renewable Energy)

India policies and renewable energy installations
Dr. V. Bakthavatsalam
S. Baskaran (IREDA)

Many written resources contributed to this White Paper. In addition to numerous published journal articles and reports, the following journals provided continuing and invaluable updates and information: **REFOCUS** (International Solar Energy Society, published by Elsevier Science, Ltd.), **RENEWABLE ENERGY WORLD** (James & James, Science Publishers, Ltd); **SOLAR TODAY** (The American Solar Energy Society); **BIOMASS & BIOENERGY** (Elsevier Science, Ltd.)

Particular thanks go to Edward Milford, Publisher of **RENEWABLE ENERGY WORLD,** for helping the White Paper author to contact article authors and to receive digitized illustrations.

The author's professional colleague and wife, Barbara Harwood Aitken, provided substantive and helpful input, expert editing, and great support for the writing project.

The International Solar Energy Society
gratefully acknowledges
Dr. Donald W. Aitken, former Secretary
and Vice President of ISES, who
drafted this White Paper with input
from expert resources worldwide,
and technical review and input by
the Headquarters and the ISES Board
of Directors.

© ISES & Dr. Donald W. Aitken 2003
All rights reserved by ISES
and the author

Produced by:
ISES Headquarters

Design: triolog, Freiburg

Printing:
Systemdruck, March

Printed on 100% recycled paper

" إنهـا حقـــا لفـــترة قصيرة من عمر الزمن ،
تـلك المتاحـــة لنا لإستغـــلال ما تبقـى من
مصـــادر الطاقـــة الحفرية التقليدية لخلق
و إنشاء تكنولوچيات حديثة و أجهزة تمكننا
من إنتاج طاقة مستدامة..."