الفصل السادس
اصلاح صناعة القوة الكهربائية
كريستوفر فلافن
ترجمة د. فوزي سهاونة

يمكن اعتبار صناعة القوة الكهربائية العالمية على حافة نقطة تحول سببها التكنولوجيات الجديدة والظروف الاقتصادية المتغيرة وليس الاصلاحات الداخلية. فقد بلغت ديون هذه الصناعة اكثر من ١٠٠ بليون دولار بالاضافة إلى دورها في تخريب البيئة الذي يكلف البلايين؛ ولهذا اصبحت مصابة بالركود. ان العديد من مديري هذه الصناعة مشغولون بالاصلاحات التنظيمية وبرامج البناء الجديدةوذلك لانهم مقتنعون بان خلاصهم يعتمد على استمرار العمل كالمعتاد، تدعمه الحكومات بمنح كريمة.

ان اسلوب الستينات في التعامل لن يحل مشاكل الكهرباء في الثمانينات بل يضيف اعباء على الشركات حيث تزداد الديون وترتفع فواتير المستهلكين ويزداد تلوث البيئة. ان مستقبل الكهرباء يكمن في استعمال اكثر كفاءة واختيار افضل لاستعمال القوة وتنمية تكنولوجيات توليد الطاقة على نطاق صغير وصناعة متنوعة ومنافسة.

توفر الكهرباء اليوم $\frac{1}{3}$ الطاقة الاولية للعالم وتواجه اكثر المشاكل جديه منذ ان افتتح توماس اديسون اول مصنع لتوليد الطاقة على نطاق تجاري في جزيرة مانهاتن عام ١٨٨٢[1]. وفي ظل تقهقر في نمو الطلب وخسارة في حساباتها، خفضت شركات الكهرباء الطلب على المصانع النووية والمصانع المعتمده على الفحم. وفي الولايات المتحدة بلغ عدد الطلبات الملغاة اكثر من الطلبات الجديدة منذ اواخر السبعينات، وانخفض بناء المحطات النووية إلى درجة الجمود.

ان تذمر المستهلكين وجاذبية الفرص الاقتصادية الجديدة قد اثرا على اعادة توجيه صناعة الطاقة. فتطوير الالات الصناعية والاجهزة المنزلية ذات الكفاءة العالية في استعمال الطاقة جعل من الممكن توفير الكهرباء في البيوت والمصانع بتكاليف تبلغ ١/٣ تكاليف الطاقة المولدة من المصانع الجديدة. وبامكان شركات الكهرباء ان توفر الخبرة والمال اللازم للاستثمار لتطوير ما يساوي طاقة مئات المصانع النووية والمصانع المعتمدة على الفحم عن طريق تحسين او رفع الكفاءة.

كانت عملية توليد الطاقة على نطاق صغير تعتبر حلماً في عام ١٩٨٠ ولكنها اصبحت عمل رئيس في عام ١٩٨٥. وبحلول شهر تشرين اول عام ١٩٨٥ كان قد تم انشاء ١٢٩٧ مشروعاً صغيراً لتوليد الكهرباء بطاقة تصل إلى ٢٤٩٦٥ ميغاوات[٢]. ستوفر المصادر الجديدة بما فيها الطاقة المولده من الرياح ومن مصادر المياه ومن الطاقة الحرارية، ما يكفي احتياجات ستة ملايين منزل. وهناك تطورات تكنولوجية مماثلة في انحاء اخرى من العالم مع انها تسير بسرعة اقل.

تحتاج اعمال الكهرباء إلى اعادة بناء؛ فاحتكار الملكية في توليد الطاقة الكهربائية يؤخر عملية البحث في المجالات التكنولوجية الجديدة ويفقد الشركات روح الابتكار التي دفعت توماس اديسون ومنافسيه للامام. لقد تباطأ التقدم في مجال كفاءة الطاقة لان الاستثمارات في هذا المجال نادراً ما تحظى بالدعم والمساعدة الضريبية التي تمنحها العديد من الدول لشركات توليد الكهرباء. هذا وتتم الان في الولايات المتحدة تجارب على التسويق وتخفيض القيود على شركات الكهرباء، حيث اصبحت هذه التجارب محط انظار العديد من المخططين في العديد من الدول وتم تبني نماذج معدلة منها في دول اخرى. ان شركات الكهرباء، بغض النظر عمن يملكها سواء كان القطاع العام او الخاص، هي مؤسسات قوية وضخمة ولهذا ستتطلب التغيرات الاساسية فيها جهوداً حقيقية لسنوات طويلة.

الكهرباء في المرحلة الانتقالية

كانت الرغبة في الكهربة احدى الوسائط الرئيسه المسؤوله عن النمو

الاقتصادي في فترة ما بعد الحرب، وكان توليد الكهرباء في العالم قد تضاعف مرة في كل عقد من الزمان. وبعد ان انتشرت الثلاجات واجهزة التلفزيون في مئات القرى والمناطق الريفية، وجد المستهلكون واصحاب الصناعات طرقاً عديدة لاستعمال الكهرباء. لقد ظهر اثر الكهربة في العيد الخمسين لادارة كهربة الريف في عام ١٩٨٥ عندما تذكر الفلاحون في منطقة جبال الابلاش، والدموع في عيونهم، ذلك اليوم في عقد الثلاثينات عندما ظهرت الاضاءة لاول مرة. وهكذا اصبحت الكهرباء عنصراً رئيساً في وضع الطاقة العالمي وعاملاً فاعلاً في الاقتصاد العالمي والبيئة العالمية.

بدأت الزيادات في اسعار البترول تغير العديد من الامور، حيث كان رد الفعل الاول هو الافتراض ان الكهرباء يمكن ان تكون بديلاً للبترول المكلف؛ وهكذا سارعت العديد من الحكومات وشركات الكهرباء ببناء المولدات النووية ومصانع توليد الطاقة من الفحم وخصوصاً في فرنسا التي بدأت ببناء ٦ محطات نووية في كل عام؛ لكن ارتفاع اسعار البترول ادى إلى رفع تكاليف توليد الطاقة. وعلى سبيل المثال، كانت تكاليف زيت الوقود لشركات الكهرباء في الولايات المتحدة قد ارتفعت ٦ اضعاف في العقد الذي تلا عام ١٩٧٣، ورافق ذلك مضاعفة اسعار الفحم ٤ مرات ومضاعفة اسعار الغاز الطبيعي عشر مرات. كان تأثير هذا الارتفاع على اشده في اليابان، وفي معظم اوروبا، وفي العالم الثالث. اضف إلى هذا ان متوسط الكفاءة الحرارية لمصانع توليد الطاقة المعتمدة على الوقود من المستحاثات قد استقر للمرة الاولى واصبح من الصعب تقدير اقتصاديات الحجم. وهكذا اصبح العديد من المصانع النووية والمعتمدة على الفحم معقدة واكثر كلفة في الانتاج من المصانع الصغيرة التي حلت محلها[٤].

اضافت المقاييس الجديدة للمحافظة على البيئة تكاليف اخرى على مصانع الطاقة. ففي الولايات افرزت مصانع الطاقة التي تعتمد على الفحم ٦٤٪ من ثاني اكسيد الكبريت و ٣٠٪ من اوكسيد النتروجين لجميع المصانع على المستوى الوطني

وبهذا ساهمت في الامراض التنفسية وفي تدمير النباتات والغابات والمحاصيل والثروة السمكية. ولهذا ومنذ اواخر السبعينات، وضعت متطلبات واسعة لمنع التلوث على جميع مصانع الطاقة الجديدة في الولايات المتحدة وعلى العديد من المصانع التي بنيت في بلدان اخرى. وتقدر وكالة حماية البيئة الامريكية ان ازالة الكبريت من الغاز تضيف ١ ـ ١,٧ سنتاً لكل كيلو وات ساعة إلى تكاليف توليد الطاقة المعتمدة على الفحم، وتزيد ٢٠ ـ ٤٠٪ من تكاليف بناء محطة توليد جديدة. في عام ١٩٨٣ انفقت شركات توليد الطاقة في الولايات المتحدة ٢,٢ بليون دولار على اجهزة معالجة التلوث(٥).

كانت الدول الاوروبية ابطأ من امريكا في تقييد ما تفرزه المصانع، لكن هذا تغير في بداية الثمانينات. لقد وجد ان المطر الحامضي الناتج عن ثاني اكسيد الكبريت واوكسيد النتروجين يدمر بحيرات اوروبا وغاباتها ومحاصيلها. لهذا قام العديد من الدول بوضع قيود صارمة ستزيد من تكاليف توليد الطاقة بشكل ملحوظ، وتم كذلك دراسة تخفيض ما تخرجه المصانع في القارة الاوروبية على مستوى السوق الاوروبية المشتركة. وهناك ضغوط متزايده في كل من اوروبا وامريكا الشمالية لوضع قيود على المصانع القديمة لمنع التلوث.(٦)

تتعرض الطاقة النووية ايضاً إلى ضغوط متزايده، ففي عام ١٩٧٠ قدرت منظمة التنمية والتعاون الاقتصادية (OECD) بانه سيكون بمقدور الاعضاء فيها ان يولدوا ما مجموعه ٦٥٨,٠٠٠ ميغاوات من الطاقة النووية في عام ١٩٨٥، ولكن المجموع الواقعي وصل إلى ١٨٠,٠٠٠ ميغاوات فقط. لقد استقرت خطط بناء محطات نووية في العالم في اواسط السبعينات وانخفضت الطاقة المتوقعة باكثر من ٣٠,٠٠٠ ميغاوات منذ عام ١٩٧٨. وهذا يعود إلى الغاء الطلب على بناء ١٠٩ محطات في الولايات المتحدة (انظر جدول ١) وانخفض الطلب كذلك في اوروبا والاتحاد السوفياتي؛ وفي العديد من دول العالم الثالث التي لديها برامج نووية(٧).

جدول ٦ ـ ١ طلبات بناء وشطب طلبات بناء محطات نووية ومحطات معتمدة على الفحم:
الولايات المتحدة ١٩٧٠ ـ ١٩٨٤

السنة	الطلبات			الشطب او الغاء الطلبات			
	الفحم		النووي	الفحم		النووي	
	عدد المصانع	ميغاوات	عدد المصانع	ميغاوات	عدد المصانع	مصانع	ميغاوات
١٩٧٠	٢٥	١٢٤٢٢	١٤	١٤٢٧٥	–	–	–
١٩٧١	١٨	٧٨١١	٢١	٢٠٨٧٦	–	–	–
١٩٧٢	٢٧	١٢٦٨٢	٣٨	٤١٥٢٦	–	٦	٥٧٣٨
١٩٧٣	٤٠	٢٢٦١٥	٤١	٤٦٨٢٧	–	–	–
١٩٧٤	٧١	٣٤١٨٣	٢٦	٣٠٩٣١	–	٨	٨٢٩٠
١٩٧٥	٢٠	١١٣٨٩	٤	٤١٨٠	–	١١	١٢٢٩١
١٩٧٦	١٣	٥٩٣٨	٣	٣٧٩٠	٢	٢	٢٣٢٨
١٩٧٧	٢٤	١٢١٧٢	٤	٥٠٤٠	١١	٩	٩٨٦٢
١٩٧٨	٢٨	١٤٦٣٤	٢	٢٢٤٠	٥	١٣	١٣٣٣٣
١٩٧٩	٢٠	٨١٥٩	–	–	٨	٨	٩٤٧٦
١٩٨٠	٦	٢٦٨٨	–	–	٩	١٦	١٨٠٨٥
١٩٨١	١٣	٨١٣٥	–	–	١	٦	٤٨١١
١٩٨٢	١	٦٠٠	–	–	–	١٨	٢٢٠١٩
١٩٨٣	–	–	–	–	٢١	٦	٦٠٣٨
١٩٨٤	١	٥٧٢	–	–	١٨	٨	٩٠٤٠

Sources: Atomic Industrial Forum, «Historical profile of U.S. Nuclear power Development», Bethesda, Md., January 1984 and private commmunication; Coal data from U.S. Department of Energy, Washington, D.C., and Kidder, Peabody, and co. New York, private communications.

obeikandl.com

من المتوقع ان يصل متوسط تكاليف بناء ٣٥ محطة نووية تبنى الان إلى حوالي ٣ بليون دولار ـ٣٠٠٠ دولار للكيلووات. وستبلغ تكاليف فاتورة الطاقة التي ستولدها هذه المحطات حوالي ٣ امثال متوسط تكاليف الجملة في الولايات المتحدة اليوم. وحتى في فرنسا واليابان، حيث تكاليف محطات الطاقة النووية هي نصف تكاليف بناء مثيلاتها في الولايات المتحدة، اصبحت الطاقة النووية عبئاً اقتصادياً كبيراً. ونتيجة لديون متراكمة بلغت ٣٠ بليون دولار وتخمه في القدرة التوليدية، فقد قامت شركة الطاقة الفرنسية التي تملكها الدولة بتخفيض طلباتها النووية من ٦ محطات في العام في السبعينات إلى واحده في عام ١٩٨٥. ان الوضع المالي للشركة النووية الفرنسية المتبجحة مشكوك فيه(٨).

جلبت الطاقة النووية مشاركة المواطنين بشكل لم يسبق له مثيل في اعمال تخطيط الطاقة بعد ان كان مغلقاً امامهم، فقد صوت الناخبون السويديون في عام ١٩٨٠ على اغلاق جميع محطات توليد الطاقة النووية بحلول عام ٢٠١٠، وصوت البرلمان الدنماركي في عام ١٩٨٥ إلى جانب الغاء فكرة استغلال الطاقة النووية على نطاق تجاري. وانهار العديد من شركات توليد الطاقة الخاصة في الولايات المتحدة من الناحية المالية وتواجه الدعاوى امام لجان الولايات التي يتوجب عليها تقرير كم من بلايين المديونية يدفعها المستهلكون(٩).

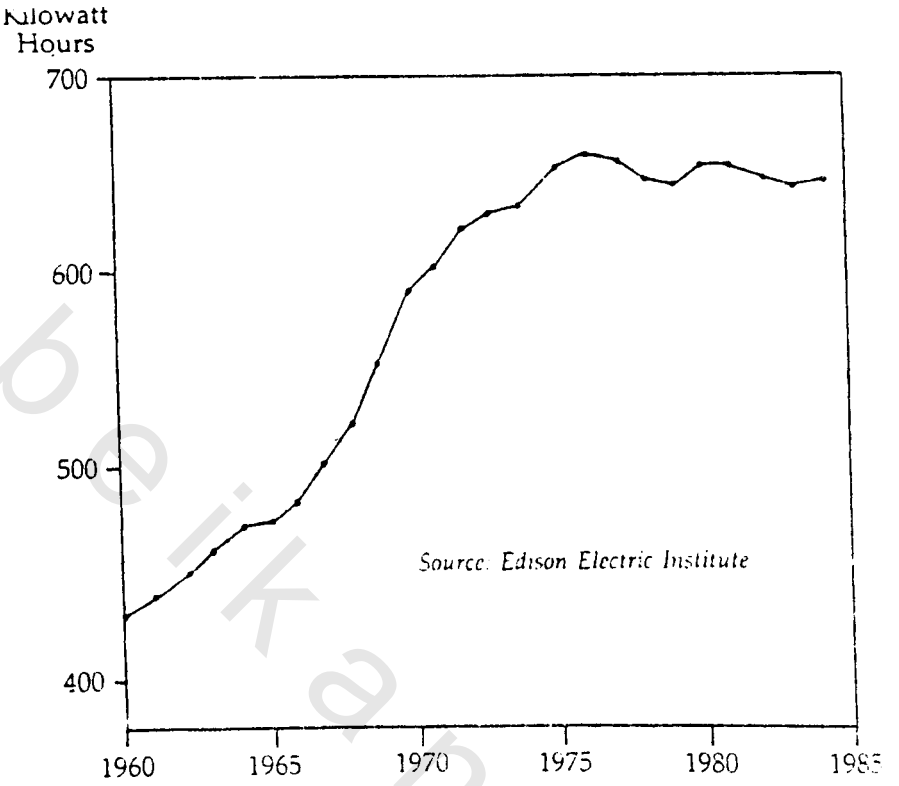
ان زيادة تتراوح بين ٥٠ ـ ١٠٠٪ لم تعد امراً غير مألوف مما حدا بمدن كشيكاغو ونيواوليتز الانفصال عن الشركات التي كانت تتعامل معها والبدء بانشاء شركات خاصة بها، وهددت ٢٣ شركة صناعية في لونغ ايلند بالرحيل اذا جاءت شركة شورهام النووية. وهكذا تم تحطيم القاعدة القديمة التي كانت تحمل المستهلكين مخاطر تكاليف بناء محطات طاقة جديدة وتقوم الدوائر المعنية في الولايات المتحدة بالتدقيق على جميع الطلبات المقدمة بشأن محطات جديدة في المستقبل(١٠).

ادى ارتفاع التكاليف إلى ارتفاع اسعار الكهرباء، ففي الولايات المتحدة

ارتفع متوسط ثمن الكهرباء من ٢,٥ سنتاً للكيلو وات ـ ساعة في عام ١٩٧٣ إلى ٧,٦ سنتاً في عام ١٩٨٥. وهذا يعني زيادة حقيقية وصلت إلى ٥,٥٪، ولكنها اقل من الزيادة في سعر البنزين او الغاز الطبيعي؛ ومع هذا فهو ارتفاع ملموس. تعتبر اسعار الكهرباء في اوروبا مشابهة لاسعارها في الولايات المتحدة، ولكنها اعلى في اليابان حيث الاعتماد على البترول في توليد الطاقة قد رفع اسعار الكهرباء إلى ١٢ ـ ١٥ سنتاً للكيلو وات ساعة. وعلى العموم، كانت اسعار الكهرباء في دول السوق الاوروبية المشتركة قد سايرت معدلات التضخم خلال فترة السبعينات ولكنها ارتفعت بحوالي ٢٥٪ منذ عام ١٩٧٩[١١].

ارتفع استعمال الكهرباء بمقدار ٥٠٪ من المعدل المقدر في بداية السبعينات، وهذا حير المخططين لانهم توقعوا انتقالاً واسعاً من الوقود الحفري إلى الكهرباء. وفي الولايات المتحدة ارتفع استهلاك الكهرباء بمعدل ٧,٥٪ سنوياً بين عام ١٩٦٣ وعام ١٩٧٣، لكن بمعدل ٢,٣٪ فقط بين عام ١٩٧٣ وعام ١٩٨٣. ارتفعت نسبة استهلاك الكهرباء إلى الناتج القومي الاجمالي ـ احسن قياس لمدى انتشار الكهرباء ـ ٥٠٪ بين عام ١٩٦٠ وعام ١٩٧٦ ووصلت إلى اعلى حد لها في عام ١٩٧٦، وانخفضت الان إلى ادنى مستوى لها منذ عام ١٩٧١[١٢]. انظر شكل ١

اما في فرنسا فقد كان متوسط نمو الكهرباء ٣,٩٪ خلال العقد الماضي، ٢,٥٪ في اليابان و ٢,٤٪ في المانيا الغربية. اما في المملكة المتحدة فقد كان استعمال الكهرباء في عام ١٩٨٣ اقل مما كان عليه في عام ١٩٧٣. (انظر جدول ٢). وفي الوقت نفسه انخفض معدل استعمال الفرد للطاقة الكهربائية بشكل كبير، ويظهر ان الطفرة في النمو التي سببها الانتعاش الاقتصادي في منتصف الثمانينات لم تدم طويلاً[١٣].



شكل ٦-١، استعمال الكهرباء في الولايات المتحدة لكل ١٠٠٠ دولار من الناتج القومي الاجمالي، ١٩٦٠ - ١٩٨٤.

حاول المتنبئون جاهدين، ولعقد من الزمان، اللحاق بالانخفاض غير المتوقع في نمو استعمال الكهرباء. لقد تم تخفيض اصدار النشرات السنوية لمجلس اعتماد الطاقة الامريكي الشمالي (NAERC) الذي يعتمد عليه المخططون في الولايات المتحدة وكندا، لمدة عشر سنوات متتالية، لاغين بذلك جهود السنة التي سبقتها قبل ان يجف الحبر على الورق. كانت قمة الطلب على الكهرباء في صيف عام ١٩٨٥ أقل بحوالي ٤٠٪ مما كان متوقعاً قبل عقد من الزمان. وهذا يساوي مخرجات ٣٠٠ محطة نووية كبيرة تقدر تكاليفها بحوالي ٩٠٠ بليون دولار حسب الاسعار الحالية(١٤).

تجاوبت شركات الطاقة وخصوصاً في الولايات المتحدة مع انخفاض الطلب وبذلك شطبت عشرات المحطات التي لم تعد بحاجة إليها، مع ان التجاوب لم يكن بالسرعة الكافية. هذا وتحتفظ الشركات باحتياط يتراوح بين ٣٠ - ٣٥٪ اذا

جدول ٦ ـ ٢ معدل الاستهلاك الفردي للكهرباء ومتوسط معدل التغير السنوي في بلدان مختارة ١٩٦٢ ـ ١٩٨٢

السنة	فرنسا		المانيا الغربية		المملكة المتحدة		الولايات المتحدة	
	كيلو وات ساعة	النسبة المئوية	كيلو وات ساعة	النسبة المئوية	كيلو وات ساعة	النسبة المئوية	كيلو وات ساعة	النسبة المئوية
١٩٦٢	١٩٥٨	-	٢١٨٠	-	٢٥٧٧	-	٤١٨٧	-
١٩٦٧	٢١١٨	+٥,٨	٢٨٠٠	+٥,١	٣٢٥٧	+٤,٨	٥٥٦٥	+٥,٩
١٩٧٢	٢٨٣٨	٦,٠	٤٠٩٥	+٧,٩	٤٠٤٤	+٤,٤	٧٦٢١	+٦,٥
١٩٧٧	٣٦١٥	+٥,٠	٤٩٦٩	+٣,٩	٤٣٢٠	+١,٣	٨٨٦٣	٣,١
١٩٨٢	٤٤٨٠	+٤,٤	٥٤٢٤	+١,٨	٤١٧٣	-٠,٧	٩٠١١	+٣,٠

Source: United Nations Annual Review of Electric Energy Statistics for Europe (New York: various years).

ما قورن مع ١٥ ـ ٢٠٪ الذي كان يعتبر كافياً، وهناك احتياطات مماثلة في اوروبا ولكن ليس في اليابان. ومن المتوقع ان يدوم هذا الاحتياطي حتى بداية التسعينات خصوصاً اذا اخذنا بعين الاعتبار ان كثيراً من المحطات التي بدء تنفيذها في السبعينات قاربت على الانتهاء. لقد كلف بناء المحطات غير الضرورية المستهلكين بلايين الدولارات، ولهذا يرفض المسؤولون في بعض الولايات السماح للشركات بتحقيق ارباح على المحطات التي يعتقد هؤلاء المسؤولون انه كان من الواجب ان يعرف المخططون انها غير ضرورية[١٥].

ومع ان قواعد اللعبة قد تغيرت إلا ان البعض ما يزال يلعب حسب القواعد القديمة. ففي عام ١٩٨٣، مثلاً، اكملت دائرة الطاقة الامريكية دراسة استنتجت ان البلاد ستكون بحاجة إلى ٤٣٨ الف ميغاوات اضافية مع نهاية هذا القرن، وهذا يساوى حوالي ثلثي القدرة الحالية. واقترح تقرير الدراسة برنامج بناء

محطات نووية واخرى تعتمد على الفحم تكلف الف مليون دولار، على افتراض ان هذه هي الطريقة الوحيدة لمنع حدوث ازمات. وبنفس المنطقة تستمر وكالة الطاقة الدولية في الحث على الاسراع في بناء محطات قوى حرارية كبيرة كوسيلة للتخفيض من الاعتماد على البترول (بالرغم من ان معظم دول وكالة الطاقة الدولية لا تستعمل إلا القليل من البترول في محطات توليد الطاقة)(١٦).

تعتبر التنبؤات بالنسبة إلى العديد من الشركات لعبة سياسية بقدر ما هي لعبة فنية. وتستعمل التنبؤات ذات المتغير العالي لتبرير التخطيط لمحطات جديدة ولكثير من المحطات قيد التنفيذ. تعتبر التطورات الرؤيويه لفترات التعتيم والاقتصاديات الراكدة اموراً لا مفر منها اذا كان هناك وقفة قصيرة في اتجاه الكهربه. يقول الاقتصادي في جامعة رفارد الاستاذ بيتر نفارو، مؤلف كتاب The Dimming of America «بان معظم الانظمة التي تعمل على توفير الطاقة وزيادة الانتاجية، واجهزة الطباعة وغيرها تستهلك الكهرباء بشكل مكثف». صحيح ان هذه الاجهزة تستهلك الكهرباء ولكن بكميات قليلة جداً وخصوصاً اذا ما اخذنا بعين الاعتبار امكانيات تحسين اداء هذه الاجهزة. تستهلك بعض اجهزة الحاسوب الشخصية من الكهرباء ما يساوي استهلاك مصباح مائة وات وان النماذج الجديدة من هذه الحاسبات تتطلب كميات اقل من الطاقة(١٧).

استغل معظم النمو في الطلب على الطاقة في السنوات الاخيرة في أشياء اقل اثارة من الحاسبات الالكترونية ـ في تدفئة وتبريد البنايات. تعتبر طريقة استعمال الحرارة العالية ونقلها مئات الاميال إلى المنازل طريقة غير فعالة. وحتى بعد الزيادات في اسعار الغاز الطبيعي تبقى تكاليف الكهرباء ٣ امثال تكاليف التوليد بواسطة الغاز. وبالرغم من انه يمكن استعمال الكهرباء في مضخات التدفئة بكفاءة إلا انها لا تستطيع منافسة انظمة التدفئة الجديدة المعتمدة على الغاز في العديد من المناخات المختلفة. ومع هذا فاننا نجد ان التدفئة بالكهرباء تدعمها الحكومات في كل من فرنسا والسويد ويتم تركيبها في اكثر من نصف البيوت

الجديدة في الولايات المتحدة واوربا[١٨].

ان سوء استعمال وضياع الكهرباء لا يقتصر على الدول الصناعية او الرأسمالية، بل يتم كهربة موسكو وبرازيليا بنفس القدر من الحماس. هذا وقد تم اختبار هذه الطريقة في العديد من الدول النامية كاحسن وسيلة للتخلص من الاعتماد على البترول بعد الزيادات في اسعاره في السبعينات، ولهذا شهدت السنوات الاخيرة حركة نشطة في بناء محطات الطاقة. وتمتعت الكهرباء بدور اسطوري في جهود التنمية الاقتصادية وكانت تعتبر مشاريع الكهربة ثالث اكبر استثمار في الدول النامية بعد الزراعة والمواصلات.

تشير تقارير البنك الدولي إلى ان اقل من ربع المنازل في الدول النامية (باستثناء الصين) تصلها الكهرباء بشكل منتظم، وهذا يعني ان هناك اكثر من بليون نسمة في جميع انحاء العالم يعيشون بدون كهرباء. يصل استهلاك الفرد من الكهرباء في افريقيا إلى ١-٢٠ من مستوى الاستهلاك في اوروبا، وتستهلك معظم الطاقة في بنايات المدن الكبيرة والمصانع ذات الكفاءة المتدنية.

تعتبر انظمة الكهرباء في العالم الثالث قليلة الكفاءة ولا يعتمد عليها حيث يضيع حوالي ١٥٪ من الطاقة المولدة، وهذه النسبة هي ضعف المعدل الطبيعي في الدول الصناعية. ففي الهند مثلاً يقوم الفلاحون بتوصيل خطوط كهرباء إلى منازلهم من الخطوط الرئيسة بطرق بدائية وبتكاليف بشرية احيانا وتشيع الفوضى ويضيع جزء من دخل شركات الكهرباء. تزداد حالات التعتيم حتى اصبحت اموراً عادية بالنسبة لانظمة الكهرباء في هذه الدول[٢٠].

تنفق الدول النامية حوالي ٤٠ بليون دولار سنوياً في مجال الكهرباء، ويقدم البنك الدولي قروضاً تتراوح بين ٢ - ٣ بليون دولار سنوياً لمشاريع الكهرباء وهذا المبلغ يساوي ١٧٪ من مجموع ما يقرضه البنك الدولي. تشهد كل من البرازيل والصين الان اكبر عملية كهربة في تاريخهما، فقد قامت البرازيل ببناء مشروع كهربائي مائي يبلغ حجمه حجم ١٢ محطة نووية، وتدرس الصين انشاء مشروع

اكبر من هذا، وتخطط الدول النامية إلى مضاعفة طاقتها الكهربائية حتى نهاية هذا القرن. ان طريقة صرف المال على هذه المشاريع في الدول النامية سيؤثر على محاولاتها التصنيعية، وعلى مستويات المعيشة، وعلى النظام المالي العالمي[٢١].

يقع برنامج الكهربة الصيني على مفترق طرق حيث كانت مقدرة البلد على توليد الطاقة في عام ١٩٨٣ تبلغ ٧٦,٠٠٠ ميغاوات وهذه المقدرة هي اقل من ضعف مقدرة ولاية كاليفورنيا مع ان سكان الصين هو ٤٠ مرة ضعف سكان كاليفورنيا. توفر هذه المقدرة ٧٥ مرات فقط للفرد اذا ما قورنت ٣٠٠٠ مرة للفرد في الولايات المتحدة. وهناك ٣٠٠ مليون صيني ـ ٣٠٪ من مجموع السكان ـ ما يزالون بدون كهرباء. هذا وتخطط الدولة لمضاعفة مقدرتها على توليد الطاقة ثلاث مرات بحلول عام ٢٠٠٠ معتمدة على بناء مشاريع مائية وعلى الفحم والطاقة النووية. تحتاج الصين إلى الكهرباء الاضافية من اجل برامج التحديث عندها. ان لهذا المشروع مخاطر اقتصادية وبيئية، وهناك مؤشرا بان تكاليف الجزء الذي يعتمد على الطاقة النووية من البرنامج كبيرة للغاية مما حدا؛ عادة تقييم لهذا البرنامج[٢٢].

من الواضح ان العالم الثالث بحاجة إلى المزيد من الكهرباء، ولهذا فان بعض البرامج لها ما يبررها، ولكن يظهر ان هناك العديد من الدول التي لا تدرك المشاكل التي واجهتها الدول الصناعية، وهي لا تملك المال الاحتياطي الكافي لتكون قادرة على تحمل الكثير من الاخطاء. تظهر في الافق في الدول النامية والصناعية على حد سواء فرص جديدة في مجال الكهرباء، فرص قد تظهر بانها غير واقعية ولكنها اقل مخاطرة من الاستمرار في الطريق التقليدي.

ادارة النمو في الكهرباء

ان المثل القائل بان الفلس الذي نوفره هو فلس نكسبه عبارة عن كليشيه لكن ذلك يبدو وكانها فكرة غريبه بالنسبة إلى الكثير من مخططي توليد الكهرباء. ومع هذا يجب ان يكون التوفير امراً جذاباً لانه من الممكن بوجود التكنولوجيا الحديثة

توفير كيلو وات ـ ساعة من الكهرباء بنصف تكلفة توليد كيلو وات ـ ساعة في محطة جديدة. ان استعمال الكهرباء بكفاءة اعلى هو مفتاح المحافظة على انظمة الطاقة، وان الاستثمار في زيادة الكفاءة قد يكون مفتاح نجاح صناعة توليد الكهرباء.

ارتفع متوسط كفاءة الاجهزة المنزلية في الولايات المتحدة حوالي ٢٠ ـ ٣٠٪ في السنوات الخمس الماضية وارتفعت بمقدار ٥٠٪ في اليابان. هناك انواع من المصابيح الفلورية الكهربائية المتوفرة في الاسواق اليوم تستهلك ربع طاقة المصباح العادي. وبالرغم من انها اغلى ثمنا إلا انها تدوم ١٣ مرة قدر ما تدوم الاخرى ـ وهذا يوفر على المستهلك ٣ امثال استثماره في ثمنها. وهناك ايضاً انواع من المحركات الصناعية التي يمكن تعديل سرعتها وهي اكثر كفاءة بنسبة مئوية تتراوح بين ٣٠ ـ ٥٠٪[٢٣].

ان التأثير التراكمي لهذه التحسينات يتزايد، وكلما تقوم شركة بتبديل محرك كهربائي بآخر يكون المحرك الجديد اقل استهلاكاً للكهرباء. وعندما يقوم المقاولون ببناء بيوت جديدة يرتفع استهلاك الكهرباء في المناطق السكنية بمعدل اقل من معدل اكمال البناء. حاولت بعض الولايات الامريكية اخذ زمام المبادرة بوضع مقاييس كفاءة للاجهزة المباعة، وقررت محكمة الاستئناف في الولايات المتحدة في عام ١٩٨٥ ضرورة الزام الحكومة الفيدرالية بتنفيذ مقاييس كهذه[٢٤].

ان الفكرة القائلة ان الانتاجية يمكن ان تتحسن مع مرور الزمن قد تسربت إلى عالم تخطيط الكهرباء، فمعظم التنبؤات الان مقسمة على القطاعات المختلفة، ويستعمل العديد من المخططين النماذج التي تحتوي على بيانات متعلقة بالمتطلبات الكهربائية لكل استعمال رئيس من استعمالات الكهرباء (ان هذا النوع من النماذج يستطيع التنبؤ بالتأثير على الامداد المطلوب للمستهلكين الذي يشترون ثلاجات اكثر كفاءة او يقومون بعزل بيوتهم). وبالرغم من ان الفكرة قد عارضها معظم المخططين في بادىء الامر إلا انها تحظى اليوم بتأييد العديد من المنظمات الهامة كمعهد ابحاث الطاقة الكهربائية في الولايات المتحدة ووكالة الطاقة الدولية.

ولسوء الحظ فان معظم شركات توليد الطاقة بطيئة في تطوير البيانات الاساسية الدقيقة التي تحتاجها نماذج التخطيط الحديثة المتوفرة اليوم. ان الارقام التي تدخل هذه النماذج تعكس كفاءات بعيدة عما هو ممكن الان ولكن ذلك يوفر خيارات اقتصادية ضعيفة للمستهلك(٢٥).

بينما تحسن متوسط اداء الاجهزة المنزلية الجديدة في السنوات الاخيرة، تشير دراسات هوارد جيلر(Howard Geller) من المجلس الاميركي من اجل اقتصاد ذي طاقة فعالة؛ بان اصحاب المصانع قد طوروا اجهزة ذات كفاءة اعلى، الا انها لم تجد طريقها إلى اكثر البيوت او إلى مجالس تخطيط الطاقة. واذا تم عرض هذه الاجهزة للبيع تدريجيا فانه يمكن لهذه التكنولوجيات الجديدة ان توفر كهرباء بسعر اقل من سنتين للكيلووات ـ ساعة الواحد، وهذا السعر اقل من $\frac{1}{5}$ تكاليف توليد الطاقة في المحطات الحديثة اليوم. وتشير الدراسات ايضاً إلى ان بيع هذه الاجهزة الأكثر كفاءة يزداد تدريجياً كلما بليت الاجهزة القديمة وسينخفض معدل نمو الكهرباء من ٢ ـ ٣٪ إلى اقل من ١٪ سنوياً(٢٦).

لقد حان الوقت لتكون شركات توليد الكهرباء اكثر نشاطاً في زيادة انتاجية ادارة الطلب على الكهرباء بطريقة تكون مفيدة للجميع. يكتب اموري لوفينز (Amory Lovins) من معهد جبال الروكي الذي قدم هذه الفكرة، ويقول بان «الطلب على الكهرباء ليس قضاءاً وقدراًبل اختيار، والطلب ليس نتيجة حتمية مقررة مسبقاً يمكن التنبؤ بها عن طريق قراءة ما بداخل المتنبئيين ولكنه متغير يتأثر بطريقة تتمشى مع اهداف السياسة». وفي الحقيقة ان من ميزات برامج الكفاءة هو انه يقلل من عدم التحديد. هذا وسيتوفر عند المخططين فكرة احسن عن المعدل الذي يحسن به المستهلكون الكفاءة مفسحين المجال لبرامج البناء لتتمكن من سد الحاجة والاقلال من اخطاء قيام البناء الذي لا مبرر له(٢٧).

منذ اواسط السبعينات تبنت العديد من شركات الكهرباء في الولايات المتحدة برامج المحافظة نتيجة لضغوط من المسؤولين عن التنظيم في الولايات.

جدول ٦ ـ ٣ اكبر كفاءة لشركات توليد الطاقة وبرامج ادارة الحمل الكهربائي: الولايات المتحدة ١٩٨٢.

الشركة	القدرة التوليدية	التوفير المخطط له بحلول عام	التوفير كنسبة من سعة	الزيادة السنوية المتوقعة في الطلب حتى عام
	١٩٨٢	١٩٩٢ ميغاوات	١٩٨٢ ٪	١٩٩٢[1] ٪
Florida Power	٥٨٩٩	١٥٠٠	٢٥	١,.
Penn Electric	٢٧٣٦	٦٧١	٢٥	٢,.
Jersey Centra	٣٣٧١	٨٠٠	٢٤	١,٥
Duke Power	١٤٥٢٦	٢٩٩٤	٢١	٣,٩
Carolina Pql	٨٨.٥	١٧٥٠	٢٠	٣,.
Florida Pql	١٢٨٦٥	٢١٠٠	١٦	٣,٥
Houston Lqp	١٢٩٦٦	١٧٠٠	١٣	٢,٦
TuA	٣٢٠٧٦	٤٠٠٠	١٢	٢٠٤
Pacific GqE	١٦٣١٩	١٨٠٠١	١١	.,٩
Oklahoma GqE	٥٣٥٩	٦٠٠	١١	غير
Public Srv. EqG	٩٠٢٣	٩٥٦	١١	١,٣
SO. Calif. Edison	١٥٣٤٥	١٥٠٠	١٠	٢,٠
Los Alabama Power	٦٧٤٩	٦٠١	٩	١,٧
Alabama Power	٩١٩٤	٨٠٠	٩	٢,٦
Bonnevill Power	-	٨٠٢	غير متوفر	غير متوفر

١ ـ يشمل برامج الكفاءة

Source: Douglas Cogan and Susan Williams, Generating Energy Alternatives (Washington D.C: Investor Responsibility Research Center, 1983).

obeikandl.com

تفرض هيئة خدمات المحافظة الفدرالية المنزلية the Federal Residential Conservation Service) التي اوجدها الكونغرس في اواخر السبعينات على شركات الطاقة توفير مدققي الطاقة للمستهلكين، بينما تطلب بعض الولايات الاخرى بذل المزيد من الجهود. ووجدت دراسة قام بها مركز ابحاث (Investor Responsibility Research Center). مسؤولية المستثمر ان ٧٢٪ من الشركات الوطنية في الولايات المتحدة لديها برامج للمحافظة على الطاقة وان لدى شلتي هذه الشركات برامج ادارة الحمل الكهربائي الذي يعيد توجيه استعمالات الطاقة إلى الوقت الذي يصل الطلب فيه على الكهرباء إلى قمته. (انظر جدول ٣) وقالت ال ١٢٠ شركة التي مسحها انه يمكن تخفيض قمة الحمل الكهربائي بحوالي ٣٠,٠٠٠ ميغاوات خلال العقد القادم مما سيوفر ١٩ بليون دولار نتيجة لعدم بناء محطات جديدة بتكلفة تصل إلى ٦ بليون دولار فقط.

ومن الجهود الشاملة لادارة الطاقة تلك التي بدأتها شركة فلوريدا للانارة والطاقة Floricla Power and Light company التي تهدف إلى تخفيض الطلب المتوقع على الطاقة بحوالي ٢١٠٠ ميغاو وات بين عام ١٩٨٢ وعام ١٩٩٢، وهذا يساوي ١٦٪ من طاقة الشركة التوليدية. قامت الشركة كذلك بمراجعة الاداء الكهربائي لاكثر من ٣٠٠ الف منزل وشجعت اصحابها على تبديل ٥٠ الف من مكيفات الهواء المركزية وانظمة التدفئة. وفي شمال كاليفورنيا قامت شركة كهرباء وغاز الباسفيك (Pacific Gas and Electric Company) يتوفر ١٦٨ مليون دولار كقروضاً بدون فوائد لزبائنها الذين يقومون باتخاذ تدابير معينة للمحافظة على الطاقة بالاضافة إلى ارجاع جزء من ثمن الاجهزة ذات الكفاءة الاعلى التي يقومون بشرائها. وتتوقع الشركة ان تنفق ما لا يقل عن بليون دولار على هذا البرامج في السنوات العشر القادمة، في الوقت الذي ستوفر فيه ما يزيد على ٣ بليون دولار في بناء محطات توليد وذلك عن طريق تخفيض ذروة الاستهلاك المتوقعة بحوالي ١٩٠٠ ميغاوات. وفي مدينة اوستن بولاية تكساس تقوم شركة كهرباء المدينة ببناء محطة للطاقة بقوة ٥٥٣ ميغاوات تتألف من مجموعة مختلفة من الاستثمارات المنزلية

والتجارية التي ستكلف ٦٠٠ مليون دولار اقل مما ستكلفه محطة، مساوية لها في طاقتها، تعتمد على الفحم. هناك ما لا يقل عن ٢٥ شركة تابعة لبلديات تقوم بارجاع جزء من ثمن شراء الاجهزة المنزلية ذات الكفاءة الاعلى[٢٩].

ومع ان برامج زيادة الكفاءة هذه هي بداية حسنة إلا انها تعتبر جهوداً رمزية؛ لان عدداً قليلاً منها ذو حجم كاف ليشكل بديلاً واقعياً لبناء محطات التوليد الطاقة. هذا ولا تقوم معظم الشركات إلا بتوفير برامج فقط، ومراجعات اسمية لمصروفات الطاقة التي توضح جزءاً صغيراً من امكانية توفير الطاقة في الوقت الذي استثنيت فيه الوحدات المؤجرة والبنايات ذات الشقق العديدة وتغطي هذه المحاولات اجراءات كفاءة محدودة مستثنين التحسينات الاكثر اهمية كتركيب الافران الاكثر كفاءة.

ما يزال العديد من مديري شركات الكهرباء يعتبرون برامج رفع الكفاءة ضارة بمصالحهم خصوصاً عندما يواجهون زيادة صغيرة في المقدرة على التوليد. وفي الشركات الكبيرة تسير الامور بشكل جيد بدون موافقة حماسية من قبل المديرين الكبار. قام البعض بالترويج لبيع الكهرباء لتدفئة البيوت الزجاجية خلال فترات الركود على الطلب. ولكن من المحتمل ان اجراءات كهذه ستؤدي إلى زيادة الحاجة إلى بناء محطات اكثر وإلى رفع فواتير الكهرباء[٣٠].

يتوجب على الشركات ان تكون اكثر شمولية حتى تكون اكثر فاعلية وان تزيد من كفاءة برامجها وتقوم بتقديم الاغراءات لضمان حصة حقيقية للشركة. وعندما تتوقع الشركة ان تجنى ارباحاً من برامج رفع الكفاءةفانها ستستثمرفيها بشكل جدي. ومن الطرق المقترحة ان تقوم شركة الكهرباء باقراض المستهلك لتحصين بيتة ضد عوامل الطقس او لشراء اجهزة اكثر كفاءة بسعر اعلى بقليل من السعر الذي تحصل عليه الشركة. ويمكن سداد الديون على عدة سنوات ـ من التوفيرات التي تحققت في فواتير الكهرباء[٣١].

ستوفر برامج كهذه الكهرباء بتكلفة اقل مما توفره محطة جديدة مما يفسح

المجال للشركة في ان تحقق ربحاً على قروضها ويزيد من المال الموفر للمستهلك بعد ان يكون قد تم سداد القرض. لقد تمت تجربة انواع متفاوتة من هذه الطريقة في ولايتي كاليفورنيا وواشنطن، ولكن يمكن تجربة مثل هذه الطريقة فقط اذا وضعت قواعد جديدة من قبل المسؤولين ومبادرات جديدة من مديري شركات الكهرباء. هذا وقد باتت مؤسسات ادارة الطاقة على استعداد لتوقيع عقود تضمن بموجبها مستوى معين من التوفير في الكهرباء في البنايات التجارية مقابل مبلغ معين.

بدأ مجهود نموذجي للترويج لكفاءة والكهربائية في المناطق السكنية في منطقة هود ريفـرHood River في ولاية اوريجون فرى ١٩٨٣ من قبل شركة باسيفبكورب Pacificorp بالتعاون مع ادارة محطة بونوفيل Bonneville Power Administration . يقوم المقاولون بتركيب ما قيمته ٤٣٠٠ دولار من اجهزة توفير الطاقة ـ كسخانات الماء الاكثر كفاءة والشبابيك المعزولة والعزل الكثيف جداً ـ في كل منزل من مجموع ٣٠٠٠ منزل. وتظهر النتائج الاولية ان شركات الطاقة المحلية قد انفقت حوالي ٥٠ سنتاً لكل كيلو وات ـ ساعة تم توفيرها في السنة الاولى مما سمح بتوفيرات للمستهلكين وعوائد للشركات. وتم تخفيض استهلاك الكهرباء إلى النصف في معظم المنازل(٣٢).

يعتبر مشروع هود ريفر جزءاً من خطة محطة كهرباء الشمالي الغربي Nothwest Conservation and Electric Power Planالتي انشأها الكونغرس في عام ١٩٨٣ كرد فعل للتكاليف الزئدة، والذي ادى في النهاية إلى الغاء بناء محطات نووية في ولاية واشنطن. يعتبر توفير الطاقة الشيء المطلوب عندما يكون هذا هو الاسلوب الاقل تكلفة. ان هدف الخطة هو تخفيض الحمل المتوقع من ٢٧,٠٠٠ ميغاوات إلى ٢٢,٠٠٠ ميغاوات بحلول عام ٢٠٠٠ مما سيسمح للاقليم بتجنب بناء اية محطات جديدة على الأقل حتى عام ١٩٩٨(٣٣).

درس الكونغرس في عام ١٩٨٥ تشير بان يعتمد على خطة المنطقة الشمالية الغربية الذي سيقيم انموذجاً تكليفياً وقاعدة للمعلومات ستفسح المجال

للشركات في مقارنة البدائل الاستثمارية المطروحة بما فيها زيادة الكفاءة وانواع مختلفة من محطات التوليد. وسيعمل هذا التشريع على جعل الاستثمارات من اجل كفاءة اعلى في الطاقة مؤسسات ويساعد الولايات على ان تطلب من شركات الطاقة مقارنة استراتيجيتها بشكل عادل(٣٤).

كانت شركات الطاقة في الدول الاخرى ابطأ من تلك التي في الولايات المتحدة في تبني برامج استثمار نشطة في مجال الكفاءة في الطاقة. وكما هو الحال في الولايات المتحدة فان الكثير من الشركات في الدول الصناعية يتوفر لديها فائض في القدرة على توليد الطاقة (اعلى من العادي ١٥ ـ ٢٠٪ في مجال الاحتياطي) يتراوح بين ٧,١٪ في النرويج إلى ٩,٧٪ في المملكة المتحدة و ٣٠,٤٪ في سويسرا. وتشجع شركات الطاقة في العديد من هذه الدول على زيادة استعمال الكهرباء حتى تبرر انشاء العديد من محطات التوليد النووية ومحطات تعتمد على الفحم في السنوات القليلة القادمة(٣٥).

ان التبرير النشط لاكثر انواع الاستعمال اسرافاً ـ تدفئة المنازل بالكهرباء ـ يسود الان في اوروبا وخصوصاً في فرنسا والسويد. وبالرغم من التزام السويد الوطني في اغلاق جميع محطات الطاقة النووية فيها بحلول عام ٢٠١٠، إلا انها مستمرة في انشاء المباني التي تعتمد على التدفئة الكهربائية والتي تستهلك ٢٠٪ من كهرباء البلاد(٣٦).

ليس لدى معظم شركات الكهرباء في العالم اليوم حافز مالي للاستثمار في مجال تحسين الكفاءة، كما ان اكثرها ليس له الحق القانوني في مثل هذا الاستثمار. ومع ان لدى حكومات اليابان والمانيا الغربية والسويد برامج واسعة لرفع الكفاءة إلا انها مستقلة عن برامج شركات الطاقة ولا تدخل في تخطيط شركات الكهرباء. قامت شركة كهرباء اليابان في طوكيو بمجهود متواضع لتشجيع كفاءة اعلى عن طريق وضع ترتيب معين لاسعار الكهرباء بحيث يزداد السعر اذا زاد الاستهلاك اكثر مما تعتبره الشركة كافياً للاحتياجات الاساسية، ولكن العديد من شركات

الطاقة الاوروبية تخفض الاسعار كلما زاد الاستهلاك[٣٧].

ان كثيراً من الدول بحاجة إلى تغييرات مؤسسية رئيسه، اكثر مما هو الحال في الولايات المتحدة، وذلك من اجل حمل الشركات على النظر إلى ابعد من مجرد انشغالها ببناء محطات التوليد. ينطبق مثل هذا الكلام على دول العالم الثالث بشكل خاص لان دعمها لاسعار الكهرباء وعدم وجود مؤسسات قوية قد اديا إلى ابطاء التحسينات في رفع الكفاءة. واذا اردنا تحقيق الكفاءة في استهلاك الكهرباء فانه يجب استغلال قدرات الشركات المالية والفنية الكبيرة. واذا لم تشارك هذه الشركات بشكل فعّال فأنها قد تنظر إلى رفع الكفاءة كمنافس غير مرغوب فيه وستحبط برامج المحافظة على الطاقة[٣٨].

توسع التوليد المشترك.

يعتبر تشريع تنظيم سياسات شركات الطاقة العامة في الولايات المتحدة U.S. Public Utility Regulatory Policies Act ، الذي تم وضعه في عقد السبعينات، من اقوى التشريعات وابعدها اثراً. احدى بنود هذا القانون، الذي لم يثر إلا قليلاً من المشاكل عندما تم تنبيه في عام ١٩٧٨، قد بدأ بانهاء سيطرة واحتكار الشركات في مجال توليد الطاقة. ينص القانون على ان تقوم الشركات الكبيرة بربط خطوطها مع منتجي الطاقة من الشركات الصغيرة المستقلة وان تدفع سعراً معقولاً ثمناً للكهرباء. وبالرغم من اعتماد هذا القانون على مبادىء السوق الحره وحصوله على تأييد مديري الشركات والحكومات المحافظة في انحاء متفرقة من العالم، إلا ان له اثار ثورية ـ مدمره كما يقول البعض ـ على شركات الطاقة[٣٩].

لقد دخلت عدة مئات من شركات توليد الطاقة في الولايات المتحدة صناعة الطاقة المستقلة منذ عام ١٩٨٠ بدافع من قانون تنظيم سياسات شركات الطاقة العامة مما ادى إلى خلق روح المقاولة الملتزمة في توليد الكهرباء الذي لم يعد له اثر منذ بداية هذا القرن. وقامت هذه الشركات باجراء تجارب على العديد من

التكنولوجيات التي لم تكن متوفره لدى الشركات سابقاً وخصوصاً ان العديد منها لم يصل حجمها إلى اكثر من ١٪ من حجم محطة توليد نووية نتيجة ادراكهم انهم سيجعلون على مردود من اي مغامرة يقومون بها. وعن طريق استخدام او استغلال التقدم الحديث في الالكترونات المصغرة Microelectronics ، وعلم المواد وفيزياء شبه الموصلات وحتى الديناميكا الهوائية والتكنولوجيا الحيوية Biotechnology لتوليد الكهرباء للمرة الاولى، فقد استطاع الباحثون رفع كفاءة العديد من التكنولوجيات وتخفيض اسعارها.

التوليد المشترك ـ التوليد المشترك للحرارة والكهرباء ـ هو اكبر مصدر للطاقة تم تطويره حتى الان. وبالرغم من ان التوليد المشترك الصناعي قد امن نصف إحتياجات الولايات المتحدة من الطاقة في بداية هذا القرن إلا انه انخفض إلى ٧٪ فقط في عام ١٩٨٤. ويعود الفضل في شيوع التوليد المشترك في اوروبا إلى انتشار محطات توليد الحرارة في المقاطعات التي تستخدم التكنولوجيا. هذا وحصلت كل من المانيا الغربية وفنلندا على حوالي $\frac{1}{4}$ كمية الكهرباء من التوليد المشترك، بينما حصلت كل من فرنسا وايطاليا على ١٨٪[٤٠].

لقد تم احياء الاهتمام بالتكنولوجيا في الولايات المتحدة في الوقت الذي يوفر فيه التوليد المشترك أكثر من ١٥,٠٠٠ ميغاوات من المقدرة على التوليد. وهناك خطط لبناء او اتمام تنفيذ ٤٠٠ مشروع تبلغ طاقتها حوالي ١٦,٠٠٠ ميغاوات. وتتوقع جمعية التوليد المشترك الدولية انه سيتم اكمال قدرة توليدية تصل إلى ٣٥٠٠ ميغاوات في الولايات المتحدة خلال عام ١٩٨٥ لوحده[٤١].

ان توليد ونقل الطاقة يستغلان $\frac{1}{3}$ قيمة طاقة الوقود فقط مما يجعل الكهرباء من اغلى اشكال الطاقة سعراً. اما من خلال التوليد المشترك تستطيع الصناعة رفع مجموع كفاءة محطاتها من ٥٠ ـ ٧٠٪ إلى ٨٠ ـ ٩٠٪. وفي معظم الانظمة يستبدل الفرن ذو الضغط المنخفض المستعمل لتوليد البخار بفرن ذي ضغط عال يستطيع ادارة تربين البخار والمولد الكهربائي. ويستعمل البخار المولد من الضغط

جدول ٦ ـ ٤ طاقة التوليد المشترك الصناعية عام ١٩٨٢ : الولايات المتحدة

القطاع الصناعي	المحطات	الطاقة	نصيبها من القدرة التوليدية
	العدد	ميغاوات	٪
صناعة الورق	١٣٦	٤٢٤٦	٢٩
المعادن الاولية	٣٩	٣٥٨٩	٢٤
الكيماويات	٦٢	٣٤٣٨	٢٣
تكرير البترول	٢٤	١٢٤٤	٨
تصنيع الغذاء	٤٢	٣٩٨	٣
اخرى	٦٨	١٩٤٣	١٣
المجموع	٣٧١	١٤٨٥٨	١٠٠

Source: Office of Technology Assessment, U.S. Congress, Industrial and Commercial Cogeneration (Washington, D.C.: U.S. Government printing Office, 1983.

المنخفض الخارج من التربين في التدفئة الصناعية، وفي التدفئة والتبريد وفي تسخين الماء، وتزيد فعالية مثل هذا النظام عندما يكون المكان كبيراً نسبياً وبحاجة إلى الحرارة باستمرار. هذا وقد اصبحت مصانع الورق والمعادن الاولية والكيماوية وتكرير البترول والصناعات الغذائية المستعمل الرئيسي لمثل هذه التكنولوجيا لان لها متطلبات حرارية كبيرة (انظر جدول ٤).

تنمو صناعة التوليد المشترك بسرعة كبيرة، ويقول فرانك دي نوتو Frank Dinoto من شركة هوكر سدلي لهندسة الطاقة Hawker Siddely Power Engineering «ان التوليد المشترك هو العمل الوحيد الذي له اثار بالغة على اجهزة الطاقة في الوقت الحاضر». ومن اكثر المشاركين مغامرة هي شركة جنرال الكترك الضخمة التي تقوم بتمويل وبناء محطات توليد كبيرة تصل تكاليفها إلى ٦٠٠ مليون دولار. هذا بالاضافة إلى العديد من الشركات الصغيرة التي انضمت إلى هذه الصناعة حيث تحاول كل منها

التخصص في حجم معين ونوع معين من المشاريع فيتخصص بعضها بصنع الاجهزة وبعضها الاخر يراقب الانتاج ويؤمن التمويل ويقوم بتنفيذ البناء الفعلي. ويعتمد معظم المولدين المشاركين على موتورات الديزل التي تسير على الغاز الطبيعي وعلى توربينات الغز، وبعضها الاخر يقوم بتطوير المحطات التي تعتمد على Fluidized bed التي تحرق انواع مختلفة من الوقود الصلب(٤٣).

تمتلك شركة البتروكيماويات الضخمة في مدينة هيوستن القدرة على توليد الاف الميغاوات من التوليد المشترك، وهناك العديد من الشركات الصغيرة التي تعمل على تطوير قدرتها بسرعة. ويستطيع اكبر المشاريع التي تم انشاؤها توفير ١٣٠٠ ميغاوات من الطاقة لشركة داو كيميكال Dow Chemical في مدينة فريبورت في ولاية تكساس. تستعمل هذه الشركة الحرارة لمعالجة المواد الكيماوية وتبيع جزءاً من الكهرباء إلى شركة طاقة وانارة هيوستن. ومن الاستعمالات الجديدة للتوليد المشترك هو استخراج الزيت من الابار عندما يكون البترول لزجاً ويصعب استخراجه. وتستطيع محطات شركة التوليد المشترك في هذه المناطق انتاج البخار الذي يضخ في الحقول وتقوم ببيع الطاقة إلى شركات الكهرباء. لقد ازداد الاهتمام بهذه الفكرة بشكل واسع في مقاطعة كيرن في ولاية كاليفورنيا حيث يتم انتاج عدة مئات من الميغاوات من مشاريع التوليد المشترك المعتمدة على حرق الغاز. وتم اقتراح توليد عدة الاف من الميغاوات الاضافية ولكنها مازالت بانتظار الموافقة عليها من قبل ادارات الولاية المهتمة بنوعية الهواء وامدادات الغاز للمدى البعيد(٤٤).

يتراوح حجم معظم مشاريع التوليد المشترك التي بدأ العمل بها لغاية الان من ١٠ ميغاوات إلى ٣٠٠ ميغاوات بالرغم من انها مصممة خصيصاً لهذه الغاية، ومع ذلك يمكن ان تكون بعض الانظمة الاصغر اكثر اقتصادية. تقوم عدة شركات ببناء انظمة صغيرة للانتاج المشترك من التي يمكن صنعها على نطاق واسع. وقد تم بيع ٤٠ منها في عام ١٩٨٣ و ٢٠٠ في عام ١٩٨٤، بناء على ما قالته شركة فروست وسوليفان لابحاث التسويق. ومن الانظمة ذات المستقبل الجيد محطة ذات طاقة ٦٥ كيلو وات تسير على الغاز الطبيعي قام بتصميمها شركة هوثورن

للطاقة في كاليفورنيا لصالح شركة مطاعم مكدونالد. يوفر هذا النظام الكهرباء والتدفئة ويزود المطعم بالماء الساخن والتكييف. ويقوم جهاز الكتروني صغير مبرمج بمعلومات مناخية وبيانات اقتصادية بتعديل النظام بشكل مستمر وذلك كرد فعل للطقس ومتطلبات الطاقة واسعار الشركة للطاقة المولدة(٤٥).

يعتقد المهندسون بان تركيب انظمة مماثلة باعداد كبيرة ستسترجع تكاليفها في غضون اربع سنوات او اقل في المناطق التي ترتفع فيها اسعار الكهرباء.. واذا ما تم تركيب هذه الانظمة في مطاعم الوجبات السريعة ومراكز التسوق والمستشفيات والمدارس فستجد هذه الانظمة سوقاً تساوي بلايين الدولارات، ويمكن ان تضيف الكثير إلى توفر الطاقة.

تعتبر امكانيات انظمة التوليد المشترك هائلة جداً. ومع ان دائرة الطاقة في الولايات المتحدة لا تتوقع ان يضاف اكثر من ٢٥٠٠٠ ميغاوات من هذا المصدر بحلول عام ٢٠٠٠، إلا انه يظهر ان التوليد سيزداد عما كان متوقعاً في اواخر الثمانينات. لقد تسارعت التطورات في عام ١٩٨٥ وذلك بتوليد ٨٢٣٦ ميغاوات من مشاريع تم تسجيلها في هيئة تنظيم الطاقة الفيدرالية في عام ١٩٨٥، وهذه اكبر من الكمية التي سجلت في السنتين السابقتين. يقدر مكتب التقديرات التكنولوجية في الولايات المتحدة ان هناك امكانية فنية للتوليد المشترك تصل إلى حوالي ٢٠٠,٠٠٠ ميغاوات بحلول عام ٢٠٠٠. ثلث طاقة الولايات المتحدة الحالية. وتقدر وكالة الطاقة الدولية ان التوليد المشترك في اوروبا سيرتفع حوالي ٧٥٪ بحلول اوائل التسعينات من خلال شركات التدفئة في المقاطعات وليس من خلال المحطات الصناعية(٤٦).

وجه الصناعيون اهتمامهم لخدمة سوق التوليد المشترك الذي تقدر قيمته الحالية بحوالي ٢ ـ ٣ بليون دولار سنوياً. فقد نبه المستثمرون واصحاب القرار إلى فوائد التوليد المشترك على انها افضل من اي تكنولوجيا جديدة لتوليد الطاقة. هذا وتتراوح تكاليف التركيب بين ٥٠٠ ـ ١٠٠٠ دولار لكل كيلو وات اعتماداً على

التكنولوجيا والوقود. وتقدر تكاليف التوليد بنصف تكاليف التوليد من المحطات النووية التي تبني حاليا و ٢٠٪ اقل من تكاليف الطاقة المولدة من المحطات التي تعتمد على الفحم. كانت معظم مشاريع التوليد المشترك تمولها الشركة المستفيدة من البخار، لكن هناك عدداً متزايداً اليوم يتم تمويلها من قبل طرف ثالث من المستثمرين مما يجلب فيضاً من رأس المال إلى هذه الصناعة(٤٧).

الكهرباء المتجددة

اعطى ظهور صناعة الطاقة المستقلة حياة جديدة إلى العديد من تكنولوجيات الطاقة المتجددة، فمنذ عام ١٩٨١ اقيمت مشاريع تقدر قوتها بحوالي ٦٠٠٠ ميغاوات تسيرها موارد الطاقة المتجددة في الولايات المتحدة، وجرى كذلك نمو سريع في مجال الكتل الحية وقوة الرياح، ومشاريع توليد الطاقة من المياه وحرارة الارض والاشعة الشمسية وغيرها(٤٨).

يحترق الوقود الحيوي كالاخشاب والفضلات الزراعية بشكل نظيف وبكلفة قليلة نسبياً مع ان تكاليف تحميلها ونقلها وتفريغها عالية، ومع هذا فانها تلوث البيئة بشكل اقل من المحطات التي تعتمد على الفحم، وفي غالب الاحيان تتوفر الكتل الحية بكميات اكبر من الفحم. هذا ويتم بناء العديد من المحطات التي تسير على الكتل الحية والفضلات وخصوصاً في امريكا الشمالية والدول الاسكندنافية.

وفي مدينة بيرلنغتن في ولاية Vermont اقامت شركة الطاقة التابعة للبلدية في عام ١٩٨٤ اكبر محطة توليد في العالم تسير على الخشب بقوة ٥٠ ميغاوات. وكانت تكاليف بنائها اقل من تكاليف بناء محطة تسير على الفحم. وبناء على هذا النموذج يتم اليوم انشاء حوالي اثني عشر محطة تعتمد على حرق الخشب تستطيع توليد ١٠ ـ ٢٠ ميغاوات في كل من كاليفورنيا ونيوانجلند، بتكلفة تقل عن ٢٠٠٠ دولار للكيلووات الواحد، وفي المناطق التي تتوفر فيها الاخشاب بكثرة لا تزيد تكاليف توليد الطاقة من هذه المحطات على ٧ سنتات للكيلووات ـ ساعة. هذا ولا تواجه

مثل هذه المحطات أية عقبات اقتصادية او فنية تذكر. اما العقبات البسيطة فانها تنجم عن تجميع الكميات الهائلة الواسعة الانتشار التي تشكل المواد الخام اللازمة. تلعب صناعة الطاقة المولدة من الكتلة الحية دوراً مفيداً في تعيين مواقع هذه المواد وفي جمع التكنولوجيا والتمويل معاً(٤٩).

يتم اليوم بناء او التخطيط لبناء حوالي ٩٠ محطة تسير على الفضلات الزراعية وفضلات المدن حيث يمكن الاستفادة من هذه الفضلات عن طريق صرفها مباشرة او عن طريق استخراج غاز الميثين الذي يستعمل لادارة المولدات. ويستعمل غاز الميثين والترسبات الطينية الناتجة عن معامل تكرير المجاري كوقود لتوليد الطاقة في عدة دول، وهذا نابع من المشاكل المتزايدة الناتجة عن تراكم الفضلات في العديد من المدن، لان حرق الفضلات يقلل حجمها ويطيل عمر الحفر التي تلقى بها هذه الفضلات، كما يدر عائداً من بيع مثل هذه الطاقة(٥٠).

ان المشاكل البيئية المتعلقة بحرق الفضلات التي تحتوي على البلاستيك والمعادن الثقيلة قد اوقفت بعض هذه المشاريع، وخصوصاً في ولاية نيويورك. ومن المؤمل ان يتم تطوير اجهزة فعاله للحد من التلوث في المستقبل القريب في الوقت الذي تظهر فيه Fluid Bed Combustion في الحد من الملوثات(٥١).

من الصعب تقييم امكانية توليد الكهرباء من مواد الكتل الحية، لكن يمكن القول ان فضلات الغابات وقشور الجوز متوفرة بكميات كبيرة. وفي الولايات المتحدة يقتصر تطوير مثل هذه الامور على مناطق الجنوب الشرقي والساحل الغربي ونيوانجلند. تبلغ المقدرة الكلية للولايات المتحدة الان ١٤٠٠ ميغاوات، ويتم بناء، او هناك خطط لبناء، ما يساوي ١٥٠٠ ميغاوات. ويأتي حوالي نصف هذه الطاقة من فضلات الاخشاب وخصوصاً تلك التي يتم حرقها في مصانع الاخشاب لتوليد طاقتها الخاصة بها وتبيع الفائض إلى شركات الكهرباء(٥٢).

تعتبر السويد في الطليعة في مجال توليد الطاقة من الاخشاب وخصوصاً لسد

حاجات التدفئة في المقاطعات، وان صناعة الورق فيها تكفي نفسها بنفسها فيما يتعلق باحتياجاتها من الطاقة. وتقوم الدنمارك بحرق القش في محطات التوليد المشترك التي توفر التدفئة للمقاطعات. قامت الفلبين ببناء ١٧ محطة لحرق الاخشاب منذ اواخر السبعينات وتنوي ايصال العدد إلى ٦٠ محطة بحلول عام ١٩٩٠، وتبلغ قدرة كل من هذه المحطات ٣,٣ ميغاوات وتغذيها الاشجار ذات النمو السريع، وستشكل هذه المحطات عنصراً رئيساً في توفير الطاقة في التسعينات(٥٣).

تم، في العقود القليلة الماضية، اهمال مولدات الطاقة الكهرومائية الصغيرة التي كانت ذات مرة مصدراً رئيساً للكهرباء. وفي السنوات القليلة الماضية عملت مشاريع اعادة البناء وبناء محطات جديدة في الولايات المتحدة على زيادة الطاقة المولدة من الماء على نطاق صغير يقدر بحوالي ٣٠٠ ميغاوات. ويتم، الان، بناء ما قدرته بضع مئات من الميغاوات. وتتراوح تكاليف المحطات الجديدة هذه من ٢٠٠٠ ـ ٣٠٠٠ دولار للكيلووات الواحدة، بينما تبلغ تكاليف اصلاح اجهزة سد قديم اقل من ذلك. ويجرى الان أيضاً بناء محطات توليد الطاقة من الماء على قدم وساق، ولكن من الممكن ان يتباطأ العمل بعض الشيء بسبب الاهتمامات البيئية. ومن المحتمل جداً ان يكون نمو هذا المصدر اكبر ما يمكن في دول العالم الثالث حيث لا تتوفر الطاقة في العديد من المناطق الريفية. لقد اعتمدت الصين ولمدة طويلة على مثل هذه المشاريع الصغيرة المعتمدة على الماء وتقوم الان بتصدير تكنولوجيتها في هذا المجال(٥٤).

تعتبر الطاقة المولدة من الحرارة الارضية مصدراً متنامياً من مصادر الكهرباء، واذا توفر البخار ذو الضغط العالي بالقرب من السطح فان هذا يعتبر صفقة مربحة. تبلغ تكاليف التوليد حوالي ٥ سنتات للكيلو وات ـ ساعة. هذا وتم تركيب ٢٠ محطة لتوليد الطاقة على ينابيع المياه الحاره في شمال كاليفورنيا في العقد الماضي تصل طاقتها إلى ١٤٠٠ ميغاوات، وهناك ٦٠٠ محطة اخرى تحت التركيب. قامت الفلبين بتطوير ٤ حقول لتوليد الطاقة من الحرارة الارضية وتعمل

على تطوير المزيد منها على امل ان تولد ما قدرته ١٧٠٠ ميغاوات بحلول نهاية عام ١٩٨٥. وقامت المكسيك كذلك بتطوير ثلاث حقول رئيسة مماثلة تولد طاقة مقدارها ٤٦٥ ميغاوات، وخططت لتوليد ٢٤٤٠ ميغاوات بهذه الطريقة بحلول عام ٢٠٠٠(٥٥).

تكمن امكانية الاعتماد على الطاقة المولدة من الحرارة الارضية في غرب الولايات المتحدة واجزاء من جنوب شرق اسيا وامريكا الوسطى، بالاضافة إلى مناطق هامة اخرى في اجزاء من جنوب اوروبا وشرق افريقيا. يقدر السيد رونالد دي بيبو Ronald Dipippo من جامعة جنوب شرق ولاية ماساشوستس انه ستتوفر محطات لتوليد الطاقة من الحرارة الارضية بقدرة ١٠,٠٠٠ ميغاوات قبيل عام ١٩٩٠. واستنتجت دائرة المسح الجيولوجي في عام ١٩٨٥ انه من الممكن ان يتوفر قدرة حرارية ارضية تصل إلى ١٠٠,٠٠٠ ميغاوات في الولايات المتحدة بما فيها توليد الكهرباء والتدفئة(٥٦).

تعتبر قوة الرياح من اكثر مصادر توليد الكهرباء الجديدة نمواً. وابتداءً من الصفر في عام ١٩٨٠ يوجد اليوم حوالي ١٣٠٠٠ مروحة بقدرة توليدية تصل إلى اكثر من ١٠٠٠ ميغاوات تم تركيبها في كاليفورنيا قبل نهاية عام ١٩٨٥. (انظر جدول ٥). لقد تم تركيب هذه المراوح في المزارع ووضعت مجموعات منها، يتراوح قطر مراوحها بين ١٠ - ١٧ متراً، في الممرات الجبلية وتكون مرتبطة بخطوط الطاقة. يعتبر منتجو الطاقة المستقلين من الرياديين في تطوير توليد الطاقة من الهواء حيث يقوم هؤلاء باستثمار اراض في مناطق ذات رياح قوية ويصنعون او يشترون التوربينات اللازمة. ويأتي معظم التمويل من طرف ثالث مستثمر يشجعه، جزئيا، التسليف الضريبي الفدرالي ومن الولاية. هذا وتكلف المروحة الهوائية القادرة على توليد ١٠٠ كيلووات حوالي ١٨٠,٠٠٠ دولار وتولد ما قيمته ١٢,٠٠٠ دولار من الكهرباء التي تباع إلى الشركات كل عام. ونتيجة لتوفر فرص خصم التكاليف من الضرائب فان هذه المراوح تقوم بدفع تكاليفها خلال ٣ سنوات(٥٧).

جدول ٦ ـ ٥ المراوح الهوائية (١٩٨١ ـ ١٩٨٥) في كاليفورنيا

السنة	الالات التي تم تركيبها عدد	قدرة الالات المركبة ميغاوات	متوسط القدرة كيلووات	متوسط التكاليف دولار لكل كيلووات	الطاقة المولدة(١) مليون كيلووات ساعة
١٩٨١	١٤٤	٧	٤٩	٣١٠٠	١
١٩٨٢	١١٤٥	٦٤	٥٦	٢١٧٥	٦
١٩٨٣	٢٤٩٣	١٧٢	٦٩	١٩٠٠	٤٩
١٩٨٤	٤٦٨٧	٣٦٦	٧٨	١٨٦٠	١٩٥
١٩٨٥(٢)	٤٥٠٠	٤٠٥	٩٠	١٨٠٠	٥٥٠
المجموع	١٢٩٦٩	١٠١٤	٧٨	-	٨٠١

١ . يتم تركيب المراوح الهوائية في النصف الثاني من السنه ولا تنتج اي قوة إلا في السنة الثالثة .

٢ . تقديرات اولية

Source: Alternative Sources of Energy, September/ Octobar 1985.

لقد نتج عن الاعفاءات الضريبية عدد من المشاريع غير الناجحة، لكن الاوضاع الاقتصادية لمعظم مشروعات المراوح الهوائية في كاليفورنيا جيدة. بلغ مجموع المبيعات لشركات الكهرباء في عام ١٩٨٥ حوالي ٥٥٠ مليون كيلو وات ـ ساعة او ٣٥ مليون دولار ـ ضعف اجمالي السنوات السابقة. تولد المراوح الهوائية في كاليفورنيا ما يكفي من الطاقة ل ١٨٠,٠٠٠ منزل خلال اشهر الصيف الخمسةذات الرياح العالية. هذا وتقوم اكثرية الالات الهوائية بتوليد الكهرباء في ٩٠ ـ ٩٥٪ من الوقت الذي تتوفر فيه رياح كافية وهذه الكفاءة تساوي كفاءة المحطات المعتمدة على الفحم وافضل من المحطات النووية(٥٨).

انخفضت تكاليف الطاقة المولدة من الرياح بالنسبة للمستثمر ببطء نسبي ووصلت إلى ١٨٠٠ دولار للكيلووات الواحد ومن المتوقع ان تنخفض التكاليف اكثر في السنوات القليلة القادمة. تعتقد شركة كهرباء وغاز الباسفيك التي قام مهندسوها بدراسة دقيقة للالات الهوائية المرتبطة بخطوط الشركة بان التكاليف ستنخفض إلى اقل من ١٠٠٠ دولار للكيلو وات الواحد وستصبح الطاقة المولدة من الرياح ارخص انواع الطاقة المتوفرة للشركات في التسعينات. ان احتمال قيام الكونغرس بعدم اعطاء الدعم الضريبي بعد عام ١٩٨٥ قد يعمل على ابطاء تطور الطاقة المولدة من الرياح(٥٩).

تمتلك كاليفورنيا حوالي $\frac{3}{4}$ القدرة التوليدية للرياح والمرتبطة بخطوط كهرباء الشركات العالمية. هذا وقد بدأت جزر هوائي بتطوير امكانياتها في هذا المجال وتخطط شركة كهرباء ولاية هوائي الصغيرة لان تصل اعتمادها على الطاقة المولدة من الرياح إلى ٢٠٪ بحلول عام ١٩٩٠. تعتبر الدنمارك ثاني اكبر مستهلك للطاقة المولدة من الرياح حيث قامت بتركيب اكثر من ١٢٠٠ مروحة وخصوصاً في المزارع، وعندها اول مزرعة على الشاطىء في العالم. وكما هو الحال في كاليفورنيا فانه يسمح للمواطنين الدنماركيين ببيع الطاقة إلى شركات الكهرباء بالاضافة إلى حصولهم على دعم بسيط من الحكومة. ومن المؤكد ان القوة المولدة من الرياح ستصبح، يوما ما، مساهماً رئيسيفا في انظمة العالم الكهربائية ـ وقد تصل مساهمتها إلى ١٣٪، وهذه نسبة مماثلة لما تساهم بها الطاقة النووية في الوقت الحاضر(٦٠).

لقد تم اثبات الجدوى الاقتصادية للعديد من تكنولوجيات الطاقة المتجددة وسيكون معظمها قادراً على البقاء والاستمرار بدون المساعدات الضريبية في غضون بضع سنوات. تشير تقارير هيئة الطاقة في كاليفورنيا إلى انه بحلول عام ١٩٩٠ سيصبح توليد الطاقة المشترك، والطاقة المولدة من الرياح والطاقة الصادرة عن حرارة الارض والعديد من مشاريع الكتلة الحيوية اقل تكلفة من محطة تعتمد على الفحم وتتقيد بمعايير التلوث في كاليفورنيا. ان من اهم ميزات المشاريع الصغيرة لتوليد الطاقة هي سرعة انجازها ومحدودية متطلباتها الاستثمارية مما يفسح

المجال امام المخططين لمتابعة احتياجات الطلب بدقة وتجنب ربط مبالغ كبيرة وفوائد عالية. وقد يجعل هذا الامر مشاريع التوليد الصغيرة مفضلة على المشاريع الكبيرة حتى ولو كانت تكلفتها اقل بحوالي ٢٠٪[٦١].

اصبح المخططون اكثر تفاؤلا بالنسبة لامكانية دمج مصادر الطاقة الموزعة والمتذبذبة، كتلك الصادرة عن الرياح، في انظمة اكبر منها. وفي مثل هذه الحالة يجب اخذ الحيطة للتأكد من توفير حمل كافٍ وان مرونة مصادر الطاقة، كالتوليد المشترك، ستعطى الدعم المالي الكافي لضمان توفرها في حالة الطلب عليها. هذا وقد تحتاج إلى تخزين المزيد من الطاقة المولدة من الماء لتوفير الثقة في بعض المناطق. تأمل شركة كهرباء ولاية هوائي في ان توفر ٥٧٪ من الطلب من موارد الطاقة المتجددة خلال بضع سنوات، وهذا تحد تكنولوجي كبير[٦٢].

هناك عدد من مصادر الطاقة الاخرى التي لم يتم تطويرها بالشكل المناسب كالتي وصفناها سابقاً، لكن عندها امكانية اضافة بعض الطاقة إلى خطوط الكهرباء في المستقبل البعيد. واستنتجت دراسة اجراها في عام ١٩٨٥ مكتب التقدير التكنولوجي ان هناك عدة مصادر طاقة رئيسة يمكن استغلالها مع بداية القرن الحادي والعشرين. ويتوقع المكتب ايضاً تطوير مصادر تعتمد على اسالة الفحم واستخراج الوقود من النباتات ومصادر متجددة اخرى كمحطات الطاقة المولودة من الحرارة الشمسية. ان تطوير التكنولوجيا وخفض التكاليف امور ضرورية لمثل هذا الاستغلال[٦٣].

يمكن تركيب الخلايا الشمسية في محطات التوليد في المناطق الريفية او على أسطح المنازل حيث ستسمح هذه الخلايا بتوفر مورد كهربائي لا مركزي افضل من اي تكنولوجية اخرى. ويجب ان تنخفض التكاليف إلى حوالي $\frac{1}{5}$ المستوى الحالي حتى تستطيع منافسة الطاقة التي تبيعها الشركات، وتشير التقديرات الى امكانية حدوث مثل هذا الانخفاض بحلول التسعينات اذا بقيت مخصصات الابحاث العلمية مرتفعة. ويُقدر لخلايا الوقود التي تسير على الغاز الطبيعي أو على الهيدروجين أو أي نوع آخر من الوقود ان تكون عملية ومفيدة للاستهلاك المنزلي،

حيث يمكن تركيبها في طابق التسوية ويمكن ان توفر التدفئة والتبريد والكهرباء للمنزل(٦٤).

اتسع توليد الطاقة على نطاق صغير بسرعة اكثر مما كان متوقعاً له قبل بضع سنوات، ويحصل حوالي نصف عدد شركات الطاقة في الولايات المتحدة على جزء من طاقتها من المنتجين المستقلين. وتشير تقارير هيئة تنظيم الطاقة الفدرالية إلى ان ٢٤٩٦٥ ميغاوات من هذه المشاريع قد تم تسجيلها منذ عام ١٩٨٠. (انظر جدول ٦) يبلغ متوسط انتاج كل محطة حوالي ٢٠ ميغاوات فقط وهذا اقل من ٢٪ من طاقة محطة عادية كبيرة. ومع انه من المستحيل معرفة عدد المحطات التي يمكن ان يتم بناؤها في المستقبل الا ان الدلائل الاولية تشير الى ان عددها سيكون كبيراً، وان العديد من مالكي هذه المحطات لا يسجلون مشاريعهم الا عندما يبدأون بالبناء الفعلي، ومن المتوقع ان يتم اتمام بناء العديد منها خلال بضع سنوات.

واذا استمر انشاء مثل هذه المشاريع الصغيرة بمعدلها الحالي ستحصل الولايات المتحدة لوحدها على ٧٠,٠٠٠ ميغاوات من هذه المشاريع في نهاية القرن، هذه الطاقة ستساوي الطاقة النووية المنتجة الآن. هذا وجرى انشاء العديد من محطات التوليد المشتركة في السنة الماضية وسط دلائل تشير إلى ان عددها سيزداد كلما بدأت الولايات بفتح اسواقها للكهرباء المنتجة من هذه المصادر. ومن المتوقع ان تقوم دول اخرى بالاضافة إلى الولايات المتحدة ببناء مثل هذه المحطات، ولكن المشاكل الادارية تقف في وجه هذا التطور. يعتبر انتاج الطاقة من المصادر المستقبلة عمل غير مشروع في العدد من دول اوروبا.

تدرس العديد من الحكومات بشكل جدي تجربة الولايات المتحدة في تطبيق المشاريع الصغيرة لانهاء احتكار شركات الكهرباء في بلدانها. قامت اليونان باصدار قانونها الخاص المتعلق بالشركات الصغيرة على امل ان تحرك تطوير الطاقة من الرياح واشعة الشمس ؛ وتفكر الباكستان، بمساعدة الولايات المتحدة، بعمل شيء مماثل. وفي المملكة المتحدة تدرس الحكومة المركزية احتكار شركات

جدول ٦ ـ ٦ مشاريع الطاقة المستقلة المخطط لها ١٩٨٠ ـ ١٩٨٥[١].

في الولايات المتحدة.

المصدر	١٩٨٠	١٩٨١	١٩٨٢	١٩٨٣	١٩٨٤	١٩٨٥	المجموع
				ميغاوات			
التوليد							
المشترك	٣١٩	٨٤٤	٢٨١٨	٣٢١١	٢٥٣١	٨٢٣٦	١٧٩٥٩
الكتلة							
الحيوية[٢]	صفر	٢٣٥	٥٣٤	٤٠١	٦١٦	١٠٢٩	٢٨١٥
الرياح	٧٦	٢٤	٣٢	٣٤٠	٣٨٤	٥٧٨	١٤٣٤
الماء	٥٩	٤٥	٦٣	٣٨٠	٣٨٢	٢٧٣	١٢٠٢
الحرارة							
الارضية	٧٦	٨٠	٧٦	٦٥	٢٠٣	١٥١	٦٥١
الفضلات	١	صفر	صفر	١٢٤	١٧١	٤٧٠	٧٦٦
الشمس	صفر	صفر	صفر	٨٧	١٦	٣٥	١٣٨
المجموع	٥٣١	١٢٢٨	٣٥٢٣	٤٦٠٨	٤٣٠٣	١٠٧٧٢	٢٤٩٦٥

١. الارقام حسب السنوات المالية. وتشتمل على المشاريع التي تقدمت لها طلبات في مكاتب هيئة تنظيم الطاقة الفدرالية إلى ايلول ١٩٨٥.

٢. يشتمل على الخشب والفضلات الزراعية وفضلات المدن.

Sources: Cogeneration and Small Power Monthly, all issues.

لطاقة الوطنية كجزء من تحرك عام نحو وضع الشركات التي تمتلكها الحكومة في ايدي القطاع الخاص. وفي الدول النامية حيث يتوزع السكان في ارجاء متفرقة من البلاد وحيث شبكات الكهرباء غير مكتملة فان تكنولوجيات من هذا القبيل قد تكون مفيدة. تعتبر الظروف الحالية مؤاتية لزيادة كبيرة في الاعتماد على مصادر الطاقة المولدة على نطاق صغير[٦٥].

obeikandl.com

مستقبل الكهرباء

تعتبر كاليفورنيا المكان الاول الذي ترسخت فيه التغيرات الاساسية في صناعة الكهرباء واظهرت بوضوح النجاح والفشل الذي يمكن ان تستفيد منهما الدول الاخرى. وبعد معارك سياسية طويلة دفع المستهلكون وحكومة الولاية في عهد الحاكم جيري براون شركات الكهرباء في الولاية في اتجاه جديد، حيث كان الهدف الاساسي هو برامج الكفاءة التي تتمثل في مجموعة قوانين البناء، والعزل ضد عوامل الطقس لبيوت المالكين والمستأجرين ذوى الدخل المحدود، ومقاييس للكفاءة في الاجهزة وجهود الشركات نفسها. اظهرت دراسة قام بها ارثر روزنفلد من مختبرات لورنس بيركلي ان استعمال الكهرباء في كاليفورنيا ينمو بنصف معدل النمو في تكساس بالرغم من معدلات متساوية في البناء والنمو الاقتصادي(٦٦).

تمت معاقبة شركات الكهرباء في كاليفورنيا من قبل المسؤولين في الولاية لفشلها في تطبيق برامج الكفاءة بشكل فعال؛ بعد هذا بدأت الشركات تستثمر بشكل نشط في هذه المشاريع. وتقدر هيئة الطاقة في ولاية كاليفورنيا ان برامج الكفاءة التي تم انشاؤها ستوفر ما بين ١٢٤٠٠ و ١٩٦٠٠ ميغاوات في اوقات ارتفاع الطلب بحلول عام ١٩٩٦ وهذه الكمية تساوي ما قيمته بليوني دولار في السنة في اواسط التسعينات جاءت من توفير محطات توليد جديدة. هذا ولم يتم التخطيط لانشاء اي محطة توليد عادية او كبيرة(٦٧).

كانت الاندفاعة في توليد الطاقة من قبل الشركات المستقلة في كاليفورنيا امراً مشهوداً وبحلول اواسط عام ١٩٨٥ كان قد تم توليد ١٩٢١ ميغاوات موصلة بخطوط الشركات، وفي الوقت نفسه وقع المنتجون على عقود مع شركات الكهرباء لتوليد ١٢٩٩٥ ميغاوات اخرى. (انظر جدول ٧). ان ما بدأ كجهد متواضع في هذا المجال ادى خلال ٤ سنوات إلى التوصل إلى مقدرة جديدة مقترحة كافية لسد ٣٩٪ من احتياجات الولاية. هذا ويتم تطوير مصادر طاقة جديدة بسرعة هائلة ستكفي حاجة الولاية المتوقعة للكهرباء وستعمل على اغلاق محطات التوليد التي تعمل على البترول او الفحم.

جدول ٦ ـ ٧ تكنولوجيات الطاقة المقررة على نطاق صغير من قبل الشركات الرئيسية في عام ١٩٨٤ وعام ١٩٨٥[1] في كاليفورنيا.

الشركة	المشاريع المنتجة		تحت البناء		الموارد في عام ١٩٨٥ كجزء من انتاج عام ١٩٨٣ بالمئة
	١٩٨٤	١٩٨٥	١٩٨٤	١٩٨٥	
	ميغاوات				
شركة غاز وكهرباء الباسفيك	٦٨٤	١٠٦٦	٢١٩٨	٦٨٥٥	٥٢
اديسون جنوب كاليفورنيا	٥٥٢	٧٧٥	١٧١٨	٥٧١٥	٤٨
شركة غاز سان دييغو	٧٧	٨٠	٥٠	٤٢٥	٢٥
المجموع	١٣١٣	١٩٢١	٣٩٦٦	١٢٩٩٥	٣٩[2]

١. الارقام لمنتصف السنة.

٢. يشتمل المجموع عن العديد من مؤسسات البلديات التي لم توقع الكثير من العقود لمحطات صغيرة.

Source: «Alternative Energy projects,» a statistical compilation by Independent Energy Producers Association, Sacramento. Calif, Sept. 1985., and personal communication, Nobember 12, 1985.

ان ما يميز برنامج توليد الطاقة على نطاق صغير في كاليفورنيا عن بقية الولايات هو تطبيقها بشكل حازم للقانون الفيدرالي، حيث يطلب من شركات الطاقة في كاليفورنيا تقديم عقود معيارية لبيع الطاقة على المدى البعيد الى المنتجين المستقلين الذين يتقيدون بمتطلبات فنية وقانونية. تعتمد هذه العقود حاليا على

obeikandi.com

التكلفة التي يمكن توفيرها من قبل شركات توليد الطاقة باستعمال الغاز الطبيعي. هذا وينوي المسؤولون في الولايات اعتماد التكلفة التي يمكن توفيرها في المستقبل على محطات طاقة مركزية جديدة(٦٨).

وهكذا قامت كاليفورنيا في حقيقة الامر بالغاء القيود على جزء يتعلق بتوليد الطاقة من مجموع الاعمال التي تقوم بها شركات الكهرباء. وكانت النتيجة ان بدأ المنتجون الصغار ببناء جميع المحطات الجديدة في الولايه. لم تعمل الولايات الاخرى على تطبيق القانون الفدرالي بل تقدم عقوداً للمدى القصير، وفي بعض الحالات لا تقدم اي عقود الا بعد اكمال بناء المحطة. ان اجراءات كهذه تجعل من المستحيل توفير المال الضروري من قبل المنتجين المستقلين.

يلخص تقرير الكهرباء لعام ١٩٨٥ الذي تصدره هيئة الطاقة في كاليفورنيا الوضع على النحو التالي: «يظهر هذا التقرير المراحل النهائية لفترة انتقالية من عهد الندره إلى عهد الوفره. وانتقل اهتمامنا من وضع كان يظهر على انه مهمة مستحيلة في تلبية معدل نمو سنوي يصل إلى ٧٪ من الطلب المتوقع على الكهرباء... إلى كيفية اختيار بديل لتوفير الكهرباء من البدائل المتاحة في عهد لم يسبق ان اتسم بانخفاض الطلب على الطاقة. ان التعقيدات المتعلقة بمشاكل الوفرة امور مرغوب فيها اكثر من التعقيدات المتعلقة بالندرة»(٦٩).

وفي الحقيقة ان كاليفورنيا قد واجهت بعض المشاكل غير المتوقعة؛ منها احتمال توليد فائض من قبل الشركات الصغيرة اكثر مما تحتاجه بعض المناطق. هذا وتجري معارك بيئية بسبب مشاريع توليد الطاقة من الرياح والماء والكتل الحية في الوقت الحاضر. يمكن ان تستنزف مشاريع توليد الطاقة المشتركة الجزء الاكبر من موجودات الولايات من الغاز الطبيعي. وفي اواسط عام ١٩٨٥ قررت هيئة شركة الكهرباء العامة في كاليفورنيا وقف عروض عقود المدى البعيد في حين يقوم المسؤولون بدراسة الفائض البالغ ١٥٠٠٠ ميغاوات من المشاريع المقترحة وايجاد مخرج لجعل عروض العقود المستقبلية عادلة بالنسبة للمستهليكن والشركات

والمنتجين المستقلين(٧٠).

تدّعي الشركات ان العديد من المشاريع كانت قد وقعت وذلك لان معدلات التوفير كانت عالية، لكنه لم يتم اثبات هذا بعد. وفي غياب متطلبات بيئية او اي التزامات مالية فلم يكن هناك اية مخاطرة في توقيع العقود. لهذا اراد الكثيرون من المقاولين تأمين مكان لهم في مجال بيع الطاقة وخصوصاً في ظل الشائعات المتعلقة باحتمال توقف توقيع العقود.

يوفر نموذج كاليفورنيا ـ مع انه غير مكتمل ـ مثالاً مفيداً بالنسبة الى الولايات والدول الاخرى التي ترغب في اصلاح صناعة الكهرباء حيث تعتبر فكرة التكاليف المتجنبة فكرة جيدة يجب توسيعها لتشتمل على جميع البدائل الممكنة لتلبية الاحتياجات في منطقة معينة بما فيها الكفاءة المحسنّة وتوليد الطاقة المعتمدة على الموارد المتجددة وعلى محطات التوليد العادية. ويجب ان يكون هناك ما يشبه المزاد العلني في مجال الاحتياجات الكهربائية على اساس منتظم مما يفسح المجال امام المنافسة الحره. واذا امكن تلبية الاحتياجات الكهربائية بتكاليف اقل عن طريق عزل البيوت ضد عوامل الطقس (تقوم بهذا شركة مستقلة) او عن طريق قوة الرياح اكثر منها عن طريق الطاقة المولدة من الفحم او حرارة الارض، عندها يجب ان تسود عوامل السوق. ولهذا يتوجب عل كل المشاريع المقترحة الحصول على اذون البيئة اللازمة حتى يتم المحافظة على العقد.

ان مواجهة المسائل الاساسية في صناعة الطاقة سيحتاج إلى اكثر من مجرد التلاعب او عدم الاكتراث بالسياسات المتعلقة بالكهرباء كما جرى لغاية الآن. ونتيجة لاستثمار الشركات في كفاءة التوليد وقيام اصحاب الاعمال ببناء محطات التوليد، ستتحطم الحدود التقليدية لاعمال الطاقة. هذا وتتوسع خدمات صناعة الكهرباء سنوياً وبشكل كبير وستجد طرقاً لتحسين كفاءة الطاقة. لقد حان الوقت للمخططين ان يأخذوا بعين الاعتبار بصورة جدية امكانية الابطاء في استعمال الطاقة الذي سيقوض العديد من الاقتراحات الاقتصادية التي تعتمد عليها هذه

الصناعة. من المحتمل ان العديد من الشركات مثلاً تضم بين صفوفها العديد من العاملين غير المؤهلين للعمل في العهد الجديد ولذلك يحتاج معظمهم الى اعادة تدريب.

لم يعد توليد الطاقة احتكاراً طبيعياً، ومع ان نقل وتوزيع الطاقة يتم على احسن وجه من قبل شركة حكومية كبيرة او شركة للحكومة دور في تنظيمها الا ان الشركات الصغيرة تستطيع المنافسة وتطوير تكنولوجيات جديدة وبناء محطات توليد جديدة. وقد نتج عن ظاهرة توليد الطاقة على نطاق صغير تخفيف القيود على توليد الطاقة في بعض مناطق الولايات المتحدة.

واذا اخذنا الامر خطوة ابعد فانه من الممكن استثناء شركات الطاقة من بناء محطات التوليد مما سيفسح مجال المنافسة بين الشركات الخاصة في بناء المحطات وبيع الطاقة للمستهلكين. تأمل العديد من شركات الطاقة رفع القيود الفدرالية التي تمنعها من امتلاك اكثر من نصف محطة توليد حتى تستطيع المنافسة في عقود بيع الطاقة، وهذا بدوره يخلق بعض المشاكل لان الشركات التي تتنافس للحصول على هذه العقود لن تكون قادرة على القيام بدور السمسارالعادل.

وفي نهاية المطاق يمكن ادارة محطات الطاقة المركزية الموجودة حالياً بمعزل عن شركات الكهرباء العادية. وسيعتمد اربح على الاداء بدلاً من ضمان معدلات عوائد مضمونة إلى اصحاب الاسهم في الشركات. ومن المحتمل ان تتخذ ولاية كاليفورنيا خطوة في هذا الاتجاه خصوصاً ان هيئة الشركات العامة تدرس امكانية السماح لشركة غاز وكهرباء الباسفيك بكسب معدل التكاليف المتجنبه فقط في مشروعها محطة دیابلو کانیون النووية التي اكملت حديثاً بحيث تعتمد ارباح الشركة على حسن اداء المحطات وعلى مدى مقدرتها على التنافس مع مصادر الطاقة الاخرى في الاقليم(٧١).

من المحتمل ان يصبح شركات الكهرباء يوماً ما «ناقلا عموماً» مثل الانابيب او سكك الحديد التي تصل بين المنتجين والمستهلكين، بحيث يمكن لمنتج

للكهرباء في اقليم معين من توقيع عقود مبيعات مع مستهلكين يبعدون مئات او الاف الاميال. وسيتم نقل الكهرباء عبر خطوط مقابل اثمان معقولة. وستبقى شركات الكهرباء مسؤولة عن المحافظة على خطوط الطاقة وارسال الفواتير للمستهلكين، وفي الدول التي تعود ملكيتها فيها إلى القطاع الخاص ستحصل الشركة على اربح مقابل هذه الخدمة(٧٢).

وستساعد شركات الكهرباء ايضاً في عمليات التنبؤ والتخطيط وستقوم باعادة بعض الاموال إلى الزبائن بسبب رفع الكفاءة، وستحدد الحكومات الاسعار ومستوى الكفاءة والمعايير البيئية. اما مسألة بناء محطات تلويد جديدة واستغلال امكانات الكفاءة فستذهب إلى شركات مستقلة.

بعد ان تتم هذه التغيرات المؤسسية الرئيسة تصبح الامكانات عظيمة. وفي النهاية، يمكن تحويل العديد من المزارع والبيوت إلى محطات تلويد تعتمد على الواح كهربائية ضوئية توضع او يتم وضعها على (الاسقف) وعلى خلايا الوقود التي توضع في التسوية (الطابق تحت الارض). وسيتمكن الناس من اختيار واحد من امرين: اما ان يصبحوا مستقلين تماماً عن نظام الشركة، او ان يرتبطون بخطوط الكهرباء مع الاف المستهلكين من احجام متفرقة. هذا وستمضى عقود عديدة قبل ان يتحرك العالم كلية في هذا الاتجاه، وستشهد السنوات القادمة المزيد من الانظمة الكهربائية المتنوعة واللامركزية في عملياتها وسلامتها للبيئة.

obeikandl.com

Chapter 6 Reforming the Electric Power Industry.

1- Estimate based on data in International Energy Agency (IEA), Electricity in IEA Countries (Paris. Organisation for Economic Co - operation and Development, 1985).

2- Figures from Cogeneration & Small Power Monthly, all issues through September 1985.

3- Thomas P. Hughes, Networks of Power: Electrification in Western Society, 1880-1930 (Baltimore, Md.: The Johns Hopkins University Press, 1983).

4- U.S. fuel cost data from U.S. Department of Energy (DOE), Energy Information Administration (EIA), Monthly Energy Review (Washington, D.C.: September 1985); data on plant efficiency and production costs from DOE, EIA, Thermal Electric Plant Costruction cost and Annual Production Expenses, 1980 (Washington, D.C.: 1980).

5- T.A. Burnet et al., «Economic Evaluation of Limestone and Lime Flue Gas Desulfurization Processes,» U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., March 1984; H.A. Cavanaugh, «Utility Cleanup Spending to Drop 23%,» Electrical World, July 1984.

6- Carlos Murawczyk and Ken M. Moy, «Environmental Protection from Power Generation: An International Overview,» Public Utilities Fortnightly, April 28, 1983; Environmental Resources Limited, Acid Rain: A Review of the Phenomenon in the EEC and Europe (London: Graham & Trotman Ltd., 1983).

7- «Nuclear: World Status,» Financial Times Energy Economist, January 1985.

8- Cost Estimate Based on I.C. Bupp and Charles Komanoff, Prometheus Bound: Nuclear Power at the Turning Point (Cambridge, Mass.: Cambridge Energy Research Associates, 1983); French utility debt from Jim Harding, Friends of the Earth, Private communication, October 8, 1985.

9- Swedish referendum reported in Elizabeth Taylor and William G. Davey, «Energy in Western Europe,» Energy Policy, December 1984; decision of Denmark's Parliament from Preben Maegaard, The Danish Centre for Renewable Energy, private communication, August 27, 1985.

10- Bill Richards, «Power Users Seek Relief from Nuclear Costs,» Wall Street Journal, September 12, 1985; Stuart Diamond, «Sweeping Effects of Shoreham Fine,»

«Utilities are Tempting Big Customers to Turn Up the Juice,» Business Week, October 31, 1983.

New York Times, June 29, 1985; Lori A. Woehrle, «New Orleans May Go Municipal,» Public Power, March/April 1985; Bill Rankin, «Chicago Considers Divorce From Its Electric Utility,» Energy Daily, October 15, 1985.

11- IEA, Electricity in IEA Countries; DOE, EIA, Monthly Energy Review.

12- DOE, EIA Electric Power Monthly (Washington, D.C.: April 1984); «36 th Annual Electric Utility Industry Forecast,» Electrical World, September 1985.

13- United Nations, Annual Review of Electric Energy Statistics for Europe (New York: Various years).

14- North American Electric Reliability Council, Electric Power Supply and Demand (Princeton, N.J.: 1985).

15- IEA, Electricity in IEA Countries.

16- U.S. Department of Energy, The Future of Electric Power in America: Economic Supply for Economic Growth (Washington, D.C.: 1983); IEA, Electricity in IEA Countries.

17- Peter Navarro, «Our Stake in the Electric Utility's Dilemma,» Harvard Business Review, May/June 1982; John R. Siegel and John O. Sillin, «Changes in the Real Price of Electricity: Implications for Higher Load Growth,» Public Utilities Fortnightly, September 15, 1983.

18- «France--Towards an Electric Economy,» European Energy Report, January 11, 1985; Per Kageson, Swedish energy writer, private communication, September 19, 1985: statistics on electric heating in new homes from «36th Annual Electric Utility Industry Forecast» and from IEA, Electricity in IEA Countries.

19- World Bank, The Energy Transition in Developing Countries (Washington, D.C.: 1983).

20- Ibid.

21- Hugh Collier, Developing Electric Power: Thirty Years of World Bank Experience (Baltimore, Md.: The Johns Hopkins University Press, 1984); «Record Lending for World Bank,» Energy Daily, August 1, 1984.

22- World Bank, China: Long-Term Development Issues and Options (Washington, D.C.: 1985); information on number of Chinese without electricity from Wang

Tingjiong, Director, Institute of Scientific and Technical Information of China, Private communication, October 2, 1985; «China's Nuclear Boom May Soon Go Bust,» New Scientist, February 14, 1985.

23- «Progress and Tradition in Energy Conservation,» Chikyu no Koe, November 1981; Howard Geller, «Residential Appliances and Space Conditioning Equipment: Current Savings Potential, Cost Effectiveness and Residential Needs,» Presented at the 1984 Summer Study on Energy Efficiency in Buildings of the American Council for an Energy- Efficient Economy (ACEEE), Santa Cruz, Calif., June 1984; Amory B. Lovins, «Saving Gigabucks with Negawatts,» Public Utilities Fortnightly, March 21, 1985; «Evolution in Lighting,» EPRI Journal, June 1984; David B. Goldstein, «Wasted Light: An Economic Rationale for Saving 75% of Lighting Energy in Commercial Buildings,» Natural Resources Defense Council, San Francisco, Calif., 1984 (unpublished); «Pacing Plant Motors for Energy Savings,» EPRI Journal, March 1984; Walter J. Martiny, «Making the Choice Between Normal & Hi-Efficiency Motors,» Presented at 11th Energy Technology Conference, Washington, D.C., March 1984.

24- «California Adopts Efficency Standards,« Energy Daily, December 20, 1984; Vic Reinemer, «Progress--After 10 Years--on Appliance Efficiency Standards,» Public Power, September/ October 1985.

25- Lovins, «Saving Gigabucks with Negawatts.»

26- Howard S. Geller, «Progress in the Energy Efficiency of Residential Appliances and Space Conditioning Equipment,» in Energy Sources: Conservation and Renewables (New York: American Institute of Physics, 1985); estimates of the economics of improved efficiency and the Potential to reduce demand growth are included in Amory B. Lovins, «Least-Cost Electricity Strategies for Wisconsin,» prepared testimony before the Wisconsin Public Service Commission, September 24, 1985.

27- Lovins, «Least-Cost Electricity Strategies for Wisconsin.»

28- Douglas Cogan and Susan Williams, Generating Energy Alternatives (Washington, D.C.: Investor Responsibility Research Center, 1983).

29- M. Centaro, Florida Power and Light Company, Private communication, October 11, 1984; Lee Calloway, Pacific Gas and Electric Utility company private Communication October 11, 1984; City of Austin Electric Department, Austin's Conservation Power Plant (Austin, Tex.: 1984).

30- «Utilities Gear Up for New Marketing Thrust,» Electrical World, August 1982;

31- Lovins, «Least-Cost Electricity Strategies for Wisconsin.»

32- Bonneville Power Administration, «BPA Launches the Hood River Conservation Project,» Portland, Ore., November 1983; H. Gil Peach, Terry Oliver, and David B. Goldstein, «Cooperation & Diversity in a Large-Scale Conservation Research Project,» Presented at the ACEEE 1984 Summer Study; Update provided by H. Gil Peach, private communication, October 18, 1985.

33- Northwest Power Planning Council, Northwest Conservation and Electric Power Plan (Portland, Ore.: 1983).

34- Statement of Arthur Rosenfeld on the Least Cost Utility Planning Initiative before the Subcommittee on Energy Development and Applications of the Committee on Science and Technology, U.S. House of Representatives, September 26, 1985.

35- IEA, Electricity in IEA Countries.

36- Information on Sweden from Kageson, private communication.

37- IEA, Electricity in IEA Countries.

38- World Bank, Energy Transition in Developing Countries.

39- Federal Energy Regulatory Commission (FERC), Small Power Production and Cogeneration Facilities; Regulations Implementing Section 210 of the Public Utility Regulatory Policies Act of 1978 (Washington, D.C.: 1980).

40- IEA, Electricity in IEA Countries.

41- Office of Technology Assessment (OTA), U.S. Congress, Industrial and Commercial Cogeneration (Washington, D.C.: 1983); Glenn H. Lovin, «The Resurgence of Cogeneration in the United States,» Paper presented to the New York Society of Security Analysts, April 4, 1984; International Cogneration Society Estimate from Kirby V. Freeman, «Growing Cogeneration Trend Could be Threat to Coal,» Journal of Commerce, February 25, 1985.

42- OTA, Industrial and Commercial Cogeneration.

43- DiNoto quoted in Joseph A. Glorioso, «Cogeneration: A Technology Reborn,» Industry Week, January 23, 1984.

44- «HL&P Signs Big Cogeneration Pact With Dow,» Oil & Gas Journal, February 4, 1985; information on enhanced oil facilities from Jan Hamrin, Independent Energy Producers Association, private communication, August 26, 1985.

45- Ravi K. Sakhuja, «Modular Cogeneration for Commercial Light Industrial Sec-

tor,» Cogeneration World, January/ February 1984; Frost and Sullivan study cited in Stuart Diamond, «Cogeneration Jars the Power Industry,» New York Times, June 10, 1984; The Sievert Group, «Packaged Gas Fired Cogeneration Systems for Fast Food Restaurants,» presented at 11th Energy Technology Conference; Paul Johnson, «Mc Donald's Looks at Cogeneration,» Diesel Progress, July 1984.

46- U.S. Department of Energy, Industrial Cogeneration Potential: Targeting of Opportunities at the Plant Site (Washington, D.C.: 1983); figures on FERC registrations from Cogeneration & Small Power Monthly, August 1985 and various earlier issues; OTA, Indusrial and Commercial Cogeneration; IEA, Electricity in IEA Countries.

47- Goran Weibull, «Squeezing Extra Dollars Out of Cogeneration,» Alternative Sources of Energy, September/ October 1984; dollar value of cogeneration business is author's estimate based on 3,000-4,000 megawatts of cogeneration annually at a cost of $500,000 to $1 million per megawatt.

48- Cogeneration & Small Power Monthly, all issues.

49- Thomas Carr, «The Burlington Electric Experience with 50 MW McNeil Municipal Pwer Plant,» and Scott Noll, «Small Wood Fired Power Plants - The Ultrapower Experience,» presented at 12th Energy Technology Conference, Washnigton, D.C., March 25-27, 1985.

50- James L. Easterly and Elizabeth C. Saris, «A Survey of the Use of Biomass as a Fuel to Produce Electric Energy in the United States,» paper presented at 11th Energy Technology Conferenec; Colin Leinster, «The Sweet Smell of Profits from Trash,» Fortune, April 1, 1985; «Wastewater Plant Pioneers Electric Power from Sludge,» Power, October 1980.

51- Jeffrey Schmalz, «The Next Decade's Agenda: Garbage,» New York Times, August 17, 1985; Joseph Bonney, «GE, Pyropwer Sign Joint Venture,» Journal of Commerce, October 10, 1985.

52- Easterly and Saris; «A Survey of the Use of Biomass.»

53- Government of Sweden, «Green Power: Biofuels Are a Growing Concern,» Scientific American, August 1984; information on Denmark,s biomass - fueled power plants from Maegaard, private communication; «Philippines Produces Wood Power,» World Solar Markets, August 1983.

54- Donald Marier, «Hydropower Begins to Deliver Its Promise,» Alternative Sources of Energy, January/ February 1984; William A. Loeb, «How Small Hydro is Growing Big,» Technology Review, August/ September 1983; U.S. Use and cost figures from Raymond J. O'Connor, chairman of the Federal Energy Regulatory

Commission, response to inquiry by the Subcommittee on Enegy Conservation and Power, House Committee on Energy and Commerce, February, 17, 1984.

55- Pacific Gas and Electric Company, «The Geysers Power Plant Development,» internal memorandum, March 26, 1982; Bob Williams, «U.S. Geothermal Retrenching from Period of Vigouors Expansion,» Oil & Gas Journal Sptember 30, 1985; Ronald Dipippo, «Development of Geothermal Electrice Power Production Overseas,» presented at 11the Energy Technology Conference.

56- Dipippo, «Geothermal Electric Power»; Bill Rankin, «DOE and Industry United to Boost Geothermal,» Energy Daily, August 27, 1985.

57- Paul Gipe, «An Overview of the U.S. Wind Industry: The Road to Commercial Development,» Alternative Sources of Energy, Septemer/ October 1985.

58- 550 Million Kilowatt - hour estimate is based on total of 448 million Kilowatt - hours for the first eight months of 1985, according to the American Wind Energy Association, Washington, D.C., private communication, October 16, 1985.

59- Donald Marier, Windfarm Update: Energy Production Improves Dramatically», Alternative Sources of Energy, September/ October 1985; Robert Lynette, «Wind Turbine Performance - An Indusrty Overview,» Alternative Sources of Energy, Septeber/ October 1985.

60- Hawaii Electric Company plans described in OTA, New Electric Power Technologies: Problems and Prospects for the 1990s (Washington, D.C.: U.S. Goverment Priniting Office, 1985); Wind energy developments in Denmark described in Windpower Monthly (Knebel, Denmark), July 1985.

61- Economics of various small power sources discussed in California Energy Commission, Affordable Electricity in an Uncertain World (Sacramento, Calif.: 1985); advantages of small » scale projects to utility planners discussed in OTA, New Electric Power Technologies.

62- OTA, New Electric Power Technologies.

63- Ibid.

64- Edgar A. DeMeo and Roger W. Taylor, «Solar Photovoltaic Power Systems: an Electric Utitity R & D Perspective,» Science, April 20, 1984; «Fuel Cells for the Nineties,» EPRI Journal, September 1984.

65- IEA, Electricity in IEA Conutries; «Greek Ligislation Frees Electricity Market,»

European Energy Report, July 26, 1985; information on Pakistan from Bob Eichord, U.S. Agency for Internatioal Development, private communication, September 12, 1985; information on United Kingdom from Peter James, independent energy analyst, private communication, October 15, 1985.

66- Arthur Rosenfeld remarks before the American Physical Society Short Course on Conservation and Renewables, Washington, D.C., April 27, 1985.

67- California Energy Commission, Affordable Electrictiy in an Uncertain World.

68- N. Richard Friedman, Resoure Dynamics Corporation, «State Rulemaking and Utility Pricing for Cogeneration: National Trends in PURPA Implementation,» Presented at Renewable Energy Technologies Symposium and International Exhibition, Anaheim, Calif., August 1983; David K. Owens, Edison Electric Institute, «Overview of the State Regulations and Rate and Rate Settings Under PURPA Section 210,» presented at Renewable Energy Technologies Symposium and Intermatioal Exhibition, Anaheim, Calif., June 1984; Richard Myers, «Cogeneration: After PURPA the Deluge,» Energy Daily, September 17, 1985.

69- California Energy Commission, Affordable Electricity in an Uncertain World.

70- Bill Rankin, «California Cogenerators Call a Halt to Gold Rush by Cogenerators,» Energy Daily, July 12, 1985.

71- Bill Paul, «Electricity Pricing Policy That Switches Risks to Investors Planned in California,» Wall Street Journal, October 11, 1985.

72- David A. Huettner, «Restructuring the Electric Utility Industry: A Modest Proposal,» in Howard J. Brown, ed., Decentralizing Electricity production (New Haven, Conn.: Yale University Press, 1983).