الفصل الثالث

رفع كفاءة الطاقة

كريستوفر فلافن وآلن دورننغ
ترجمة
غالي عودة

جاء في تقـرير وكالة الطاقة العالمية لعام ١٩٨٧ عبارة بسيطة إلا أنها ذات شأن: «تعود الاستثمارات في مجال الاقتصاد في الطاقة بمردود أفضل من الاستثمار في عمليات الإمداد أو التزويد بالوقود». وقد قال الشيء نفسه البيئيون وأنصار المحافظة على الطاقة على مدى عشر سنوات، إلا أن الدليل يبدو اليوم أكثر وضوحاً حتى بالنسبـة للمسؤولين الحكوميين والصناعيين الذين كرسوا جهودهم لتوسيع عمليات الإمداد بالوقود. وتعتبر تجارة رفع كفاءة الطاقة أكثر البضائع رواجاً في المدن وللمستهلكين وللشركات وللأمم كذلك[١].

وقد بُذل جهد كبير فاق أغلب أهداف التوفير والكفاءة الوطنية ويمثل الخطوة الأكبر الوحيدة التي اتخذت في مجال تقليل الاعتماد على استيراد النفط. وقد حسنت معظم الدول الصناعية ذات الاتجاه التجاري وسائل استهلاك الطاقة بين ٢٠ و٣٠ بالمئة بعد عام ١٩٧٣. وخلال هذا الوقت الذي تميز بعدم وجود زيادة صافية في الإمدادات، تطور توفير الطاقة بحيث أصبح بالإمكان توفير ٢٥٠ بليون دولار من أسعار النفط والغاز والفحم والطاقة النووية سنوياً في الدول الصناعية[٢].

وقد تطورت التكنولوجيا الآن وأصبح بإمكانها إبقاء استهلاك الطاقة في الدول الصناعية على ما هو عليه أو حتى خفضه في المستقبل القريب. ويمكن في الدول النامية أن تؤدي زيادة فاعلية الطاقة إلى الإبطاء في استهلاكها وفي نفس الوقت تساعد في الإسراع بتحسين مستويات المعيشة.

ويمكن أن توفر عمليات تحسين استغلال الطاقة أكثر من استغلال وقود الحفريات. ويأتي ذلك كرد قوي على بعض المشاكل المزعجة التي تواجه العالم اليوم. فيشهد الخليج الفارسي اليوم أحد أكبر تجمع للقوات البحرية منذ الحرب العالمية الثانية، ويتزايد الاعتماد على نفط الشرق الأوسط. وينثر المطر الحمضي الدمار على غابات وسط أوربا. ولربما كان ازدياد نسبة ثاني أكسيد الكربون نذيراً لتغيير عنيف في المناخ. كما أن المآزق الاقتصادية، ابتداءً من ديون العالم الثالث حتى تدني مستوى المنافسة العالمي، تهدد بنقع الاقتصاد العالمي في حالة من الركود أو أسوأ.

وإذا أنعمنا النظر، وجدنا أن هذه التهديدات التي تبدو كأن لا علاقة لها بالاقتصاد العالمي والبيئة، إنما هي حوافز قوية نحو جهد عالمي لزيادة كفاءة الطاقة. وكما سيتبين لدى مناقشة الجزء الأخير من هذا الفصل، سنجد أن رفع كفاءة الطاقة ليس فقط الرد الأجدى لتلك المشاكل بل إنه الحل الحيوي الوحيد.

توسيع ثورة الكفاءة

جاءت مؤسسة فورد بثلاث نماذج حين أنهت دراسة مميزة حول مستقبل الطاقة في الولايات المتحدة عام ١٩٧٤. عُرف المنحنى الأول منها باسم «نموذج النمو التاريخي» وارتأى مضاعفة استعمال الطاقة بين عامي ١٩٧٠ و١٩٨٧. وأطلق على التنبؤ الاستهلاكي الأقل «نموذج اللانمو» وبالرغم من ذلك احتوى هذا النموذج على زيادة في استهلاك الطاقة مقدارها عشرون بالمئة. وقد توسع الاقتصاد الأمريكي بما يزيد عن ٣٥٪ بعد نشر ذاك التقرير، إلا أن استهلاك الطاقة قد انخفض في الولايات المتحدة[٣].

وفي حين قلل معظم المحللين من إمكانية رفع الكفاءة، قاموا بتضخيم قدرة المجتمع الدولي على معايشة التأثيرات الجانبية للمستويات العالية لاستهلاك الطاقة. وكان من المعتقد أنه من المتوقع أن يتضاعف استهلاك العالم للطاقة بحلول عام ٢٠٠٠ دون أن يطرأ انخفاض على الأسعار. وكان من المتوقع أن تضخ دول الأوبيك ثلاثة أضعاف ما تصدره الآن دون أن تعيقها حرب الناقلات أو النظام الثوري في طهران. وكان المعتقد أن توفر الطاقة النووية ثلاثة أضعاف قدرتها اليوم، دون أن تؤثر عليها الحوادث التي تكلف بلايين الدولارات كتلك التي حدثت في بنسلفانيا وأوكرانيا[٤].

ويتغير استعمال الطاقة بتغير الأحوال. فقد تدنى الإفراط في الطاقة في دول السوق الصناعية كلها ما بين عامي ١٩٧٣ و١٩٨٥ (انظر جدول ١-٣). وتفاوتت مستويات التحسن تلك بشكل كبير، فمن ستة بالمئة في أستراليا وكندا، إلى ثمانية عشر بالمئة في ألمانيا الغربية، إلى ثلاثة وعشرين بالمئة في الولايات المتحدة. وقد حسنت اليابان مستوى استهلاكها بنسبة واحد وثلاثين بالمئة، وذلك ملفت للنظر حيث كانت تلك الأمة هي الرائدة في مجال التوفير في الطاقة. وما زالت توسع مجال تفوقها في هذا المضمار في الثمانينات[٥].

ومن الصعب الحصول على معطيات حول توفير الطاقة من البلاد ذات التخطيط المركزي، إلا أن الدلائل المتوفرة تشير إلى أن هذه الأقطار ما زالت متخلفة في ميدان زيادة كفاءة الطاقة. فلم يحسن الاتحاد السوفييتي مستواه عما كان عليه في السبعينات، ويبقى آخر الدول الصناعية في مجال كفاءة الطاقة. ودون أن يتعرض مديرو الصناعة السوفييتية لنظام أسعار السوق، فإنهم ينظرون لفواتير الطاقة كأي تكاليف أخرى على المستهلك دفعها: فمعظم العائلات تفتح النوافذ لتهوية بيوتها ذات التدفئة المركزية، ويحدث ذلك حتى في فصل الشتاء السوفييتي القاتل[٦].

وقد اتسعت الفجوة أيضاً في مجال كفاءة الطاقة بين الدول النامية. فالدول حديثة العهد بالصناعة مثل تايوان وكوريا الجنوبية والبرازيل قد بدأت تؤلف بين

جدول ٣-١: كثافة الطاقة في اقتصاد بعض الدول المختارة
١٩٧٣ - ١٩٨٥

القطر	١٩٧٣	١٩٧٩	١٩٨٣	١٩٨٥	الفرق ١٩٧٣-٨٥ (بالمئة)
أستراليا	٢١,٦	٢٣,٠	٢٢,١	٢٠,٣	- ٦
كندا	٣٨,٣	٣٨,٨	٣٦,٥	٣٦,٠	- ٦
اليونان[1]	١٧,١	١٨,٥	١٨,٩	١٩,٨	+ ١٦
إيطاليا	١٨,٥	١٧,١	١٥,٣	١٤,٩	- ١٩
اليابان	١٨,٩	١٦,٧	١٣,٥	١٣,١	- ٣١
هولندا	١٩,٨	١٨,٩	١٥,٨	١٦,٢	- ١٨
تركيا	٢٨,٤	٢٤,٢	٢٥,٧	٢٥,٢	- ١١
المملكة المتحدة	١٩,٨	١٨,٠	١٥,٨	١٥,٨	- ٢٠
الولايات المتحدة	٣٥,٦	٣٢,٩	٢٨,٨	٢٧,٥	- ٢٣
ألمانيا الغربية	١٧,١	١٦,٢	١٤,٠	١٤,٠	- ١٨

(١) الزيادة في الطاقة كانت بسبب استخدام الطاقة في صناعة الصلب.

Source: International Energy Agency, Energy Conservation in IEA (Paris, OECD, 1987).

التكنولوجيا والوسائل المتوفرة لديها مصحوبة بنظام عريض من مستويات الكفاءة في مجال استخدام الطاقة والحوافز المادية. إلا أن معظم دول العالم الثالث تبقى متأخرة جداً في هذا المضمار عن الدول الصناعية. فما زال العديد من الأمم تحبوا في خطواتها الأولى في مجال حفز كفاءة الطاقة في الصناعة، ورغم ذلك تبقى معدلات استخدام الطاقة مرتفعة بدلاً من أن تنخفض. زد على ذلك أن بعض الدول تدعم أسعار الطاقة ولم تضع بعد سياسة مجدية لكبح جماح الاستهلاك.

ويشكل استيراد النفط بالنسبة لأغلبية الأقطار النامية عبئاً باهظاً على رصيدها من العملة الأجنبية، كما أن التخلف في تطوير كفاءة الطاقة سيزيد من صعوبات المنافسة أمامها في الأسواق العالمية.

وليست المنافسة الاقتصادية الدولية قضية تواجه العالم الثالث فقط. ففي عام ١٩٨٦ صرفت الولايات المتحدة عشرة بالمئة من إجمالي دخلها القومي لدفع فواتير الوقود، في حين صرفت اليابان أربعة بالمئة فقط. وقد حسب ذلك آرثر روزانفيلد من معمل لورنس بيركيلي بالنسبة لليابان، فالولايات المتحدة تدفع ٢٠٠ بليون دولار كضريبة لعدم الكفاءة في استخدام الطاقة، وبذلك يتدنى حجم الاستثمار في مجالات أخرى، على سبيل المثال تقليل الديون الوطنية، أما اليابان فليست غنية في مجال رفع كفاءة الطاقة فقط، بل إنها أيضاً في وضع يهيئوها للسيطرة على السوق العالمية لما لديها من تكنولوجيا ذات كفاءة عالية[٧].

وهناك فجوة أخرى بين مختلف فئات المجتمع. وكان التحسن في استخدام الطاقة بارزاً في ميدان الصناعة، أما في مجال البناء والنقل فهو متخلف بعض الشيء. وكذلك تعتمد التحسينات وكفاءة استخدام الوقود على تركيب السوق: فالمباني التي يمكن أن تكون ذات فعالية عالية في التوفير ورفع كفاءة الطاقة قد تطورت ببطء بسبب طبيعة السوق المجزأة وكذلك بطء تبديل المباني إذا ما قورنت بالسيارات والأدوات الصناعية. وقد تحسنت الصناعات ذات الكثافة العالية في استخدام الطاقة كثيراً، مثل الصناعات الكيماوية. وقد دُفعت صناعة الطيران التجاري بسبب ارتفاع أسعار الوقود نحو الاستثمار في بناء طائرات ذات أجسام عريضة، وكذلك نحو تحسين المحركات واستخدام مواد أخف حتى استطاعت أن تخفض تكاليف الوقود لما يقارب النصف[٨].

وكيف يمكن لتلك التحسينات الواسعة التي حدثت خلال خمسة عشر عاماً أن تمر دون ملاحظة؟ فمعظم تلك التغييرات جاءت نتيجة لتغييرات جذرية في الاقتصاد وتحسين التكنولوجيا لا للتغيير في نمط الحياة أو لحملة تهدف لخفض معدلات مُنظمات الحرارة أو نتيجة لاستخدام السيارات الصغيرة. وقد أدى هذا

التطور والأدوات المستعملة إلى أن توفر على مصنع ياباني للورق أو الصلب ما يتراوح بين ثلاثين وخمسين بالمئة مما كان يستهلكه قبل عشر سنوات. وإن بنايات المكاتب الأمريكية الحديثة تتمتع بنفس مستوى الإضاءة ودرجات الحرارة مثل البنايات القديمة إلا أنها تستهلك نصف كمية الكهرباء. حتى إن السيارات الفخمة تقطع الآن ما بين عشرين وخمسة وعشرين ميلاً بالغالون الواحد إذا ما قورنت بالسيارات الأصغر التي صنعت في منتصف السبعينات(٩).

وكان السبب خلف تلك الإنجازات في مجال توفير الطاقة هو ارتفاع أسعار الوقود، وحثت تلك الحقيقة المهندسين والمديرين والمستهلكين للقيام بتغييرات عملية والبدء باستخدام ما أصبح يشكل رصيداً لتكنولوجيا ذات كفاءة عالية. وغالباً ما تعجل الحكومات هذا التطور. فقامت بوضع معايير تبنى على أساسها المباني والمرافق والسيارات: وأصبح بالإمكان تأجيل دفع الضرائب والحصول على المساعدات، كما أنشئت مؤسسات جديدة لفتح آفاق جديدة في مجال الاستثمار. ويجري في الولايات المتحدة تشجيع شركات البناء على تركيب بعض الأدوات في مباني الزبائن(١٠).

وليس هناك أي قطر عمل على فتح المجال أمام الجهود الرامية لإدخال تحسينات مستقبلية. وقد دخلت السوق تقنيات ذات كفاءة عالية استبعد الخبراء وجودها قبل بضعة سنين خلت. وقد بلغ مقدار التوفير في كل قطاع في الاقتصاد ما يقارب ثلاثين بالمئة. إلا أن الفارق بين أفران الطهي باستعمال وقود الخشب في القرى الإفريقية والمكاتب في كاليفورنيا ليس فارقاً تكنيكياً بل فارقاً ثقافياً (انظر الفصل الثاني).

ومن أجل رفع كفاءة الطاقة يلزم التنسيق بين عشرات المجالات التكنولوجية والسياسية والثقافية، وهذا هو السبب الرئيس في وجود فوارق في النجاح من قطر لآخر. وفي الحقيقة، توفر لنا مجالات رفع كفاءة الطاقة عالماً صغيراً ومثيراً للتنظيم الاقتصادي. فالدول ذات التخطيط المركزي عجزت عن القيام بأي تحسينات في مجال رفع كفاءة الطاقة، في حين أبدت الأنظمة الاقتصادية ذات الاتجاه التجاري،

مثل اقتصاد السويد واليابان، نتائج غير عادية.

وتشير المعطيات المتوفرة في منتصف عام ١٩٨٧ أن جهود رفع كفاءة الطاقة تتحسن باستمرار في معظم الأقطار بالرغم من تدني أسعار النفط عام ١٩٨٦. وكثير من الاستثمارات التي قامت بعد الزيادة في الأسعار بين عامي ٧٩-١٩٨١ كانت في مجالات مد خطوط أنابيب النفط. وكانت المسألة مسألة وقت، فبعد وقت قصير هبط ذاك الزخم بهبوط أسعار النفط. وبدأ في العالم قاطبة ترك برامج رفع كفاءة الطاقة التي أشرفت عليها الحكومات والمؤسسات الخاصة، وبدأت تلك الاستثمارات تنحسر. ولا بد من القول أنه بدون اتخاذ قرار فوري، فإن المشاكل تكمن في انتظارنا(١١).

ويعالج الاستثمار مرتفع - التكاليف عن طريق «التخطيط قليل التكاليف». ويضع التخطيط قليل التكاليف الاستثمارات في مجال التزويد بالطاقة والمحافظة على الطاقة على قدم المساواة، وقد اتبع هذا الأسلوب معظم الدول الأمريكية. فحين يكون الاستثمار في مجال ذي كفاءة متنامية أفضل من الاستثمار في مجال الإمداد بالطاقة تعطى له الأولوية. وتشير العديد من الدراسات أن مثل تلك الوسيلة يمكن أن تؤدي إلى تحسين كفاءة الطاقة التي تعادل بلايين الدولارات. وذلك هو المبدأ الذي يمكن عن جدارة أن تتبعه الوكالات الرسمية والشركات والمستهلكين(١٢).

البناء من أجل الكفاءة

لقد قال تشرتشل ذات مرة: «إننا نقوم بتشكيل بناياتنا وتقوم تلك البنايات فيما بعد بتشكيلنا». ومن ذلك يبدو واضحاً أن تشرتشل قد استوعب أهمية المناخ البيتي بالنسبة للإنسان. وأننا أصبحنا جنساً بيتياً، يقضي معظم وقته بين جدران بنيناها نحن أنفسنا. واننا الآن نصرف قسمًا كبيراً من موارد الطاقة العالمية في أغراض مثل تدفئة وتبريد وإضاءة المباني. ففي عام ١٩٨٥ استهلكت الأبنية في السوق الصناعية من الطاقة ما يعادل ١٦,٧ مليون برميل يومياً، وذلك يعادل مجمل إنتاج الأوبيك اليومي في تلك السنة. وتعتبر العواقب الاقتصادية والبيئية

هائلة في حال استمرار استهلاك الطاقة بهذا المعدل. وفي الحقيقة لو كان تشرتشل معاصراً لنا فإنه سيقول: «إننا نقوم بتشكيل بناياتنا، وتشكل تلك البنايات عالمنا فيما بعد»[١٣].

وتتوزع الطاقة في الأنظمة الاقتصادية الصناعية التجارية بالتساوي بين المباني والصناعة والنقل. وتوجه الدول ذات التخطيط المركزي ومعظم دول العالم الثالث أكثر من نصف الطاقة التجارية لمجال الصناعة. ورغم شيوع فكرة كفاءة المباني السكنية نظرياً في أوروبا الشرقية والاتحاد السوفييتي، ورغم التدفئة المركزية تتسم تلك المباني بالتسريب وسوء العزل[١٤].

أما في العالم الثالث فإن الإنشاءات تمثل صورتين مختلفتين. فمثلاً في الريف تتسم المباني بالإسبرتية (نسبة لإسبارتا في اليونان القديمة - المترجم)، والحطب هو مصدر الطاقة، وتنحصر وظائف الطاقة في مجال الحاجات الضرورية. ولأن استخدام الحطب (الوقود الخشبي) ليس اقتصادياً، فإن مجمل الاستهلاك إذا قيس بالوحدات الحرارية يكون عالياً. (انظر الفصل الخامس).

وتأوي المدن في كل أقطار العالم الثالث الطبقات الفقيرة المتزايدة التي تستخدم الحطب أو الفحم أو أنواع أخرى من الوقود أغلى ثمناً حسب ما تمليه الأسعار المتغيرة. في حين تصرف الفئات الغنية نسبياً كمية من الطاقة بشكل مسرف مثل أندادهم في الدول الصناعية. وتعتبر التكنولوجيا المتقدمة عاملاً حاسماً لهذا القطاع الذي يستحوذ على الجزء الأكبر من الطاقة التجارية القومية. وصحيح أن مكيفات الهواء الجيدة تكون ذا مغزى في مانيلا أكبر مما هي عليه في مانهاتن[١٥].

وقد استهلكت البلدان الصناعية التجارية ذات المشاريع العمرانية كمية ثابتة من الطاقة في السبعينات. فملأت كفاءة الطاقة الفجوة الحاصلة. وتناقص استهلاك المباني بنسبة خمسة وعشرين بالمئة بالنسبة للفرد عما كان عليه عام ١٩٧٣، مما نتج عنه توفير ٣,٨ مليون برميل من النفط يومياً، وهذا أكثر من إنتاج آبار بحر الشمال. ويبدو التوفير شاحباً اليوم إذا نظرنا لما أنجزته التكنولوجيا. وتثبت التجربة أنه بالإمكان استخدام ما بين العشر إلى الثلث من استهلاكنا الحالي[١٦].

وإن جودة العزل والمواد العازلة في البيوت السويدية أفضل ـ بمقدار الضعف من نظيرتها في مينيسوتا على سبيل المثال وكذلك أفضل عزلاً من البيوت المشابهة في أماكن أخرى من أوروبا. وتستهلك البيوت في لندن كمية من الطاقة أكبر من تلك التي تستخدمها البيوت في ستكهولم ومع ذلك تبقى أكثر برودة في الشتاء. ويمكن التعـويض عن الفارق بإدخال ما استجد من وسائل وتحديث تلك المباني. وقد انخفض الاستهلاك بمقدار الربع في ٤٠,٠٠٠ بناية جرى تحديثها في الولايات المتحدة وكانت النتيجة أن زادت الفائدة العائدة لأصحاب تلك المباني بمقدار ٢٣ بالمئة[١٧].

ويمكن أن تغطى عمليات التحديث تلك كل النفقات المصروفة عليها خلال خمس سنوات إذا نفذت بشكل جيد. وبالرغم من ذلك فهناك عمليات تحديث نفذت بشكل ركيك، فكان المردود الناتج بالتالي صغيراً. ولذا لا بد من تحسين الخدمات في هذا المجال. وغالباً ما يجهل المستهلكون المعلومات الاقتصادية في مجال التجديد. ففي البيوت السكنية، وهي النوع الأقل كفاءة في مجال الطاقة، يقوم الملاك بتحويل فواتير الكهرباء والغاز للمستأجرين لدفعها ومن هنا فإنهم لا يرون فوائد أو حوافز تدفع نحو تحديث المباني، كما أن المستأجرين لا يرون فائدة في الدفع بهدف تحسين عقارات شخص آخر. ويؤدي هذا الفشل لاستمرار التبذير في الطاقة وذلك ما يحدث في البيوت الموجودة[١٨].

ويجيء تنشيط رفع كفاءة الطاقة في المساكن الجديدة كأحد العوامل الحاسمة. ولن يكلف الاقتصاد في الطاقة كثيراً إذا ما أخذ ذلك في الاعتبار من البداية لذا فإن المباني الجديدة أكثر اقتصاداً في مجال الطاقة من تلك الموجودة حالياً. ففي حين يستهلك البيت الأمريكي ١٦٠ وحدة حرارية لكل متر يستهلك البيت الجديد في السويد ٦٥ فقط. أما البيوت الممتازة من ناحية الاقتصاد في الطاقة، التي بنيت حديثـاً في مينيسوتا، فيبلغ متوسط استهلاكها ٥١ وحدة حرارية، وهناك بعض البيوت في السويد لا تصرف أكثر من ثمانية عشر وحدة حرارية[١٩].

ويكمن السر في هذا التوفير في «العزل الكامل» ومضاعفة العزل العادي وبناء

جدران لا تسمح بتسرب الهواء. وفي الحقيقة تحتاج البيوت المعزولة تماماً لأجهزة تهوية لتجديد هوائها الداخلي. فالدفء الذي يولده الناس أنفسهم والأفران والأدوات الأخرى تكفي لتدفئة البيت، ولا يلزم بعد ذلك إلاّ مقدار قليل من التدفئة لغرض الرفاهية. أما في الصيف فالعزل الكامل لا يسمح بتسرب الهواء الحار من الخارج[٢٠].

ولا يزيد العزل الكامل تكاليف البناء أكثر من خمسة بالمئة، ويغطي التوفير الناتج عن ذلك الفرق في التكاليف في فترة لا تزيد عن خمس سنوات. ويوجد الآن ما يقارب الـ ٢٠,٠٠٠ بيت بنيت بشكل معزول تماماً في شمال أمريكا، ويزداد هذا العدد سنوياً بحوالي خمسة آلاف. إلا أن ذلك لا يزيد عن واحد بالمئة من مجمل الإعمار «السكني». ويميل مشتري البيوت للتضحية بالتكاليف على المدى الطويل، بحيث يراعي البناءون في جهودهم مميزات جمالية بدلاً من توفير الطاقة. وكما قال أحد الخبراء إنه عندما يقوم أحد مشتري البيوت بالخيار بين بيت معزول بشكل جيد أو بيت آخر به حمام من نوع (جاكوزي ورلبول) فإن الرابح في أغلب الأحيان هو الجاكوزي[٢١].

وتستهلك المباني التجارية ـ المكاتب والمستشفيات والمدارس والمخازن ـ كمية أقل من الطاقة بالمقارنة بالمساكن في معظم البلدان، إلا أن استهلاكها يتزايد وبسرعة. وإن الاستثمار في مجال توفير الطاقة في هذه الإنشاءات ليس غالي التكاليف، إلا أن أصحاب المباني التجارية ميالون لعدم الاستثمار في هذا المجال. وقد نتج عن زيادة الاهتمام بقضية الطاقة منذ عام ١٩٧٣، في التدفئة والتبريد والإضاءة، أن قلّ استهلاك الطاقة من مستوى التبذير غير العادي الذي بلغ ٥,٧ مليون وحدة حرارية لكل متر مربع في السنة حتى بلغ ٣,٠. ويبلغ متوسط استهلاك المباني التجارية في السويد الآن أقل من ١,٧، وتعمل الدولة على فرض معدل أقصاه ١,١ يطبق على المباني الجديدة. ولو افترضنا أن جميع المباني التجارية في الولايات المتحدة على ذاك المستوى من حيث الكفاءة، فإن استهلاك الولايات المتحدة من الطاقة سيتناقص بمقدار تسعة بالمئة[٢٢].

وتدل المعطيات الإحصائية في الولايات المتحدة أن لا علاقة بين الاقتصاد في الطاقة وتكاليف بناء مكاتب جديدة، وذلك يعني أن التحسينات في مجال التوفير ما زالت حتى الآن تنفذ بشكل حر. ويأتي تعويض التكاليف التي صرفت على أعمال العزل والنوافذ المحكمة من التوفير في تركيب أجهزة تبريد وتدفئة أصغر. وتقدر Bonneville Power Administration (BPA) «بونفيل بور أدمينيستريشن» أن تحسين الأبنية بنسبة ثلاثين بالمئة سيزيد من التكاليف بمقدار يقل عن واحد بالمئة. ويعد التوفير الناتج عن الاستثمار في مجال الاقتصاد في الطاقة ربحاً صافياً[٢٣].

وتعتبر «العقلانية» أهم الميزات التي تتسم بها الأبنية التجارية. وتؤدي أنظمة الطاقة الحالية المستخدمة في المباني الموجودة، والتي لا تراعي درجات الحرارة في الخارج، إلى تبذير الهواء البارد في الشتاء والدافىء في الصيف. أما في «الأبنية الأنيقة» فتجري عملية مراعاة درجات الحرارة في الخارج والداخل، ويؤخذ في الاعتبار ضوء الشمس وأماكن تجمع الناس، حيث تقوم تلك الأجهزة بإشعاع الحرارة أو دفع الهواء البارد أو الضوء للمكان الذي يحتاجها أكثر من غيره. ويشير المحللون في معامل لورنس بيركلي إلى أنه باستطاعة سكان لوس أنجيلوس إنقاص فواتير الكهرباء للنصف فقط وذلك عن طريق تحويل أجهزة السيطرة في المكيفات بحيث تقيس درجات الحرارة في الخارج وتقوم بتشغيل المراوح حين لا يلزم تبريد الهواء[٢٤].

ومن التقنيات المثيرة التي أدت لضجة في السوق في مجال الأبنية التجارية الآن ما يعرف بـ «المخزن الحراري»، باستطاعتها الاحتفاظ بالحرارة أو البرودة للاستخدام فيما بعد. ويجري في بعض مباني المكاتب في السويد تخزين الحرارة التي يبعثها الناس والمعدات الموجودة بداخل تلك المكاتب ولا تحتاج لمصدر حراري مساعد بعد ذلك حتى في منتصف الشتاء. وفي ريو نيفادا Rio Nivada يجري العمل في بعض البنايات في الصيف بدون تكييف، وذلك باستخدام الهواء البارد ليلاً لتجميد خزانات مائية تساعد على تلطيف درجات الحرارة أثناء النهار[٢٥].

وإن معظم التقنيات المستعملة في الأبنية التجارية المصممة تتناسب مع

التوفير في الطاقة، ذات تأثير كبير في رفع درجة التوفير في مجال الطاقة، لذا فإنها تستحق أن تُدخل في الأبنية الحالية. وإن تحليلاً مفصلاً حول المباني التجارية في أوستن تكساس أعده (اموري لوفينز) ورفاقه بمعهد جبال روكي قد أشار لإمكانية توفير ١,٨ بليون كيلووات/ساعة في السنة، أي ما يقارب ٧٣ بالمئة مما تصرفه المباني حالياً. ورغم أن التوفير الناتج سيكون هائلاً، فإن إنجاز ذلك سيكلف أقل من ثمن معظم المحطات الكهربائية العاملة[٢٦].

وتتطور النوافذ التكنولوجية الضرورية لكل من المباني التجارية والسكنية بشكل سريع. ويُشابه غزارة تسرب الطاقة من النوافذ الأمريكية كل عام انسياب التيار في أنابيب نفط ألاسكا. وقد تحسن تسويق رقائق خاصة تسمى «مرآة الحرارة»، وتساعد على مضاعفة العزل إذا وضعت على النوافذ بحيث تسمح للضوء بالدخول دون أن تسمح للحرارة بالخروج. ويمكن إنجاز تحسينات أكثر وذلك عن طريق إيجاد فراغ باستعمال النوافذ المزدوجة فيعمل ذلك على جعل النوافذ تقوم بمهمة مشابهة لمهمة جداري زجاجات (الترموس). ويمكن أن تتمخض التكنولوجيا الاقتصادية في التسعينات عن توفير نوافذ مصمتة كالجدران[٢٧].

وقد نضجت الأجهزة التي تعمل بالطاقة، مثل الأفران والمكيفات والإضاءة، لإجراء تعديلات عليها تؤدي لرفع قدرتها على توفير الطاقة. فعلى سبيل المثال تصرف الثلاجة المتوسطة ما معدله ١٥٠٠ كيلووات/ساعة كل عام. في حين أن الموديلات الجديدة ذات نفس الحجم تؤدي نفس الغرض وتستهلك ١,١٠٠، أما أحسن الموديلات في السوق مثل (ورلبول Whirlpool) لا تستهلك أكثر من ٧٥٠ كيلووات/ساعة سنوياً. وتبقى إمكانية زيادة التوفير مفتوحة: فبعض الأنواع الدانماركية تستهلك ٥٣٠: ونوع صغير يصنع في كاليفورنيا يستهلك ٢٤٠: وهناك دراسة تشير إلى أن هذا الرقم يمكن أن يتناقص ليصل إلى ٢٠٠ كيلووات/ساعة في السنة[٢٨]. وهناك روايات أخرى يمكن سردها عن التوفير بتحسين الأجهزة الأخرى (انظر جدول ٣ - ٢).

وعلى العموم تكون أسعار الأجهزة الكفؤة أعلى إلا أن الفرق في فواتير الطاقة سيعوض عن هذا الفارق. فالثلاجة الجيدة كانت تكلف حوالي ستين دولاراً أكثر من غيرها عام ١٩٨٦. إلا أن تلك الثلاجة ستعوض الفارق خلال ثلاثين شهراً، أي: مردوداً يبلغ ٤٥ بالمئة[٢٩].

ويطلق على المعيار المؤثر في مجال الجدارة الاقتصادية «تكاليف الطاقة المُوَفّرة». فالمستهلكون الأمريكان يدفعون معدل ٧,٨ سنتاً لكل كيلووات/ساعة في حين أن توفير كل كيلووات/ساعة باستخدام ثلاجات (ورلبول) سيكلف سِنتين فقط. وهذه السنتات لن تظهر على فاتورة الكهرباء بل ستكون ضمن فاتورة شراء موديل ذي كفاءة عالية. وتسمح منحنيات «تكاليف الطاقة الموفرة» للمخططين أن يقارنوا بين كفاءة الاستثمار في مجال التوفير وبين خيارات العرض على أساس التكلفة الأقل[٣٠].

ويمكن رفع كفاءة أجهزة التدفئة والتبريد لدرجة كبيرة. فعلى سبيل المثال، يضيع ربع حرارة فرن الغاز التقليدي عن طريق المدخنة. إلا أن الأفران المكثِّفة (بكسر الثاء) الحديثة يمكنها إعادة امتصاص كمية كبيرة من تلك الطاقة عن طريق تبريد وتكثيف الغازات العادمة. فتلك الأفران توفر وقوداً بنسبة ٢٨ بالمئة، وتقلل من تلوث الجو، وتلغي استعمال المداخن ولا تتطلب إلاَّ مروحة تفريغ صغيرة[٣١].

وتكثر وسائل ضخ الحرارة لغرضي التبريد والتدفئة. فوسائل ضخ الحرارة كهربائياً في الشتاء والتبريد في الصيف قد أدت لسيطرة صناعة الغاز والنفط على أسواق الطاقة. فضخ الحرارة في أجهزة تجفيف الملابس يمكن أن يكون أكثر اقتصاداً مما هو عليه حالياً في التصميمات التقليدية. وتستهلك معظم أجهزة التدفئة عن طريق ضخ المياه الموجودة حالياً في السوق نصف الطاقة التي تستخدمها الأجهزة التقليدية. ويقول هوارد غيللر من المجلس الأمريكي للاقتصاد في الطاقة: إنه لو تم تركيب هذه الأجهزة في كل البيوت الأمريكية فإنه سيصبح بالإمكان الاستغناء عن خمس عشرة محطة قوى كبيرة[٣٢].

جدول ٣-٢. الولايات المتحدة: التحسينات في مجال الطاقة وقدرة الأجهزة والأدوات المنزلية عام ١٩٨٥

الأداة	معدلات المستعمل منها	معدلات الأدوات الجديدة	أحسن الموديلات التجارية	تقدير التكلفة المحتملة	التوفير المحتمل
الثلاجة	١٥٠٠	١,١٠٠	٧٥٠	٢٠٠-٤٠٠	٨٧
التكييف المركزي	٣٦٠٠	٢,٩٠٠	١٨٠٠	١٢٠٠-٩٠٠	٧٥
التدفئة الكهربائية بالماء	٤٠٠٠	٣٥٠٠	١٦٠٠	١٠٠٠-١٥٠٠	٧٥
الأفران الكهربائية	٨٠٠	٧٥٠	٧٠٠	٤٠٠-٥٠٠	٥٠
	(وحدة حرارية في العام)			(النسبة المئوية)	
أفران الغاز	٧٣٠	٦٢٠	٤٨٠	٣٠٠-٤٨٠	٥٩
مدافئ الماء بالغاز	٢٧٠	٢٥٠	٢٠٠	١٠٠-١٥٠	٦٣
أفران الغاز	٧٠	٥٠	٤٠	٢٥-٣٠	٦٤

Source: Haward S. Geller, "Energy Efficient Applicances: performance Issues and Policy Options." IEEE Technology and Society Magazine, March 1986.

ويجب أن تحيط الجهود الرامية لتشجيع توفير الطاقة في المباني بكل استعمالات الطاقة، لكنها يجب أن تبدأ بالمصباح الكهربائي. فالإضاءة، التي تستهلك حوالي عشرين بالمئة من إنتاج الولايات المتحدة من الكهرباء، تعتبر مجالاً واسعاً للتوفير الآن. ويعتقد آرثر روزانفيلد من معامل لورنس بيركيلي أنه يمكن الاستغناء مبكراً عن أربعين محطة حرارية وذلك باتباع التكنولوجيا الاقتصادية في مجال الإضاءة(٣٣).

وللضوء ميزة نفسية حيث إنه يعد نقطة الانطلاق. فمنذ توماس أديسون اعتبر الضوء رمزاً للكهرباء، وفي الواقع يجري استعمال كلمتي «كهرباء وضوء» ككلمتين مترادفتين في أمريكا اللاتينية. فاقتطاع جزء من الطاقة المستخدمة في الإضاءة في البلدان الصناعية وتوزيع تلك الإضاءة على قرى العالم الثالث التي لم تدخلها

الكهرباء من قبل، يشكل تحدياً مناسباً. ويمكن أن يأتي ذلك كحالة يتم خلالها اختبار تقنين الطاقة. ويأتي جزء من رد الفعل العالمي على تفرع قضايا البيئة والاقتصاد على شكل شعار بسيط يقول: «مصابيح كهربائية أفضل».

ويجري تبديل المصابيح الكهربائية التقليدية بأخرى مشعة تحتوي على طلاء خاص يعطي ضوءاً دافئاً. ويعطي المصباح الجديد ذو الثمانية عشر وات كمية من الضوء مساوية لما كان يعطيها المصباح القديم ذو الخمسة والسبعين وات، ويدوم أكثر منه بحوالي عشر مرات. وثمن هذا المصباح غالٍ، إلا أن التوفير في الطاقة الذي يبلغ سِنتين لكل كيلووات يعوض ذلك. ولهذا المصباح ميزة في مجال البيئة أيضاً. فبالإضافة لمدة بقائها، يوفر كل من هذه المصابيح الصغيرة ١٨٠ كيلوغرام من الفحم ويبقى ١٣٠ كيلوغرام من الكربون بعيداً عن المحيط الجوي[٣٤].

وما زالت المصابيح كبيرة، ولا تلائم كل المثبتات، إلا أن المهندسين يحسنونها وبسرعة فائقة. ولم يقم كبار المصنعين بترويج تلك المصابيح معللين ذلك بأن حساسية المستهلكين الشديدة لارتفاع أسعار تلك المصابيح ستجعلها بضاعة راكدة. ولكن إذا شاركت الشركات الكبيرة باستثمار رأس مال ضخم في مجال الإضاءة الاقتصادية في المساكن والمكاتب، وتتقاسم الأرباح مع المستهلكين، حينئذٍ فقط يمكن للمصابيح الجديدة الاقتصادية أن تكتسح السوق ويتناقص الطلب على الكهرباء.

ولن تقف ثورة الإضاءة عند تحسين المصابيح المشعة، فالباحثون ما زالوا يحققون تحسينات عظيمة على مصابيح الفلورسنت اللاصقة (التي نسميها «نيون» - المترجم) المستعملة في المباني التجارية. فمثلاً تخفض الأجهزة الألكترونية ذات الذبذبة العالية (Ballasts) (التي تنظم الكهرباء داخل أنبوب «النيون») استهلاك الكهرباء بنسبة عشرين إلى ثلاثين بالمئة. ولأن هذه الأجهزة مفيدة من الناحية الاقتصادية ودخلت السوق كسلعة تجارية (توفر حوالي سِنتين في كل كيلووات/ساعة) فإنه من المتوقع أن يجري تركيبها على نصف مصابيح الفلورسنت مع منتصف التسعينات[٣٥].

ويمكـن خفض استهـلاك الكهـربـاء في المباني التجارية بمقدار ٧٥ بالمئة بإدخال أجهزة تنظيم أفضل وعواكس أكثر جدوى وتنظيم الفراغ بالإضافة لمصابيح من نوعية أفضـل وإدخـال الأجهـزة الألكترونية (Ballasts) كذلك. وقد وفرت جامعة «رود ايلند» Rhode Island من استهلاك الكهرباء بنسبة ٧٨ بالمئة وذلك بتوفير سنت واحد لكل كيلووات/ساعة مقتطعة بذلك ٢٠٠,٠٠٠ دولار من فاتورة الجامعة الكهـربائية السنوية. وإن تحسينات تكنيكية متطورة، مثل الأجهزة الألكترونية ذات الذبذبة العالية (Super-Ballasts) ستنضج بعد عقد من الزمان. ويمكن خفض استهلاك الكهرباء مرة أخرى بتركيب أجهزة استشعار الكترونية دقيقة تستفيد من دخـول وخـروج النـاس من المكان وإليه. زد على ذلك أن كل تحسين في مجال الإضاءة يخفض الإسراف في التدفئة وبالتالي يوفر في حال تكييف الهواء. وترى لجنة الطاقة بكاليفورنيا أن توفير مئة وات من الإضاءة في «فرسنو» Fresno يتبعه توفير ثمانية وثلاثين وات في تكييف الهواء[٣٦].

وإذ مهدت التحسينات التقنية الطريق لتطوير الكفاءة في مجال الطاقة، فإن المباني في العديد من أقطار العالم يمكنها أن تتطور لدرجة يمكن معها رفع درجة كفـاءتها في مجال الطاقة للضعف. إلا أن المؤسسات المحصنة وفشل السوق تعمل على إدامـة الـوضـع الاقتصادي غير العقلاني وكذلك استمرارية التبذير البيئي (الإيكولوجي) وباستطاعة السياسات الرامية لإصلاح المؤسسات وتصحيح الفشل في السوق، أن تفتح عصراً ذهبياً في مجال كفاءة الطاقة (انظر الفصل الثاني لمتابعة مناقشة قضايا سياسة الطاقة).

وربـما تطلب تزويد المستهلكـين بمعلومات كاملة ووضع معايير للطاقة في الأبنية الجـديدة مثل تلك المعايير يجري على أساسها تقدير استهلاك السيارات للوقـود المتعـارف عليها الآن في العديد من الأقطار. وربما كان وضع مثل تلك المعايير تحدياً تكنيكياً بحد ذاته، إلا أن الجهود المبدئية تشير إلى أنه ممكن. وربما تطلبت عملية التغلب على حساسية المستهلكين تجاه ارتفاع التكاليف في البداية وضـع برنـامـج خاص لتقسيط التوفير في مجال الطاقة. وربما تطلبت اهتمامات

المستأجرين وملاك العقارات المتضاربة ردود فعل ذكية من صناع القرار السياسي. وإنه لا بد من فرض القيام بالإصلاحات في مجال البناء منذ البداية من أجل بلوغ الـدرجة القصوى في المحافظة على الطاقة. ويعد هذا العامل حاسماً لأنَّ المباني تفرض كيفية ودرجة الطلب على الطاقة لمدة قرن بأكمله: في حين أن عمر آبار النفط ومحطات الطاقة أقل من نصف تلك المدة.

التحدي في مجال الاقتصاد في الوقود

يشكـل النقل اليوم النزيف الكبير والمتنامي في احتياطي العالم من النفط. فتستعمل الولايات المتحدة ثلاثة وستين بالمئة من نفطها في مجالات النقل، وهذا أكثر مما تنتجه. وأسوأ من ذلك أنه مع ازدياد مبيعات السيارات، يبدو أن العالم يتجه نحو معالجة هذا الوضع غير الصحي. وتستهلك سيارات الركاب سدسي الإنتـاج من النفط. وفي تلك الأثناء جاءت عمليات النقل تلك بإنتاج عرضي وأصبح قوة طبيعية: فالوقود المحترق لنقل الناس والمشحونات يخلق في الجو ما يزيد عن سبعمائة مليون طن من الكربون سنوياً. فالسيارة الأمريكية المتوسطة تدفع في الجو ما يساوي وزنها من الكربون سنوياً[٣٧].

وإن محور معضلة وقود المواصلات هو الاعتماد الزائد على السيارات. فقد قاد هذا الـوضـع لإهمال السكك الحديدية، وقللـت الرغبة في المواصلات العامة، واللامبالاة بمسألة الطاقة في تخطيط المدن. في حين أن أهم القرارات في مجال وقود النقل يتخذها مخططو المدن. فانتشار المدن أفقياً هو نتيجة عرضية لوجود السيارات الخاصة وبالتالي عامل لإدامة سيطرة السيارات. وإن اتساع المدن أفقيًّا، كما هي الحـال في معـظم الـدول الصناعية، يجعل تلك المدن معتمدة بشكل كلي على السيارات. وتتدنى كذلك كفاءة السيارات حين تبدأ شبكة الإعمار في تضييق الخناق.

وإن بإمكان المدن الصغيرة التي تتنامى بسرعة، وخصوصاً مدن العالم الثالث الصغيرة، أن تخطط مستغلة تلك الفرصة من أجل توفير الوقود، فتنظم بناء المناطق

السكنية ومناطق العمل بشكل لا يضطر الناس للسفر مسافات طويلة. لكنه بإمكان المدن الكبيرة أن تخطط لتوفير الطاقة وتقليل الاعتماد على السيارات. وحين تشجع السياسة استخدام الباصات الصغيرة والمواصلات العامة والسكك الحديدية، فإن وسائل المواصلات تلك ستستهلك ربع كمية الوقود لتنقل كل إنسان تماماً كما تفعل ذلك السيارات الخاصة أو الطائرات. كما أن ركوب الدراجات أو المشي لا يحتاج لوقود ولا يلوث الجو، فضلاً عن أنهما مفيدان للصحة. وتستهلك القطارات والبواخر ثلث الوقود الذي تستهلكه الشاحنات لنقل كل طن من البضاعة. ويمكن تخفيض الاعتماد على النفط فقط حين يصبح ركوب الدراجات والمشي واستخدام المواصلات العامة قاعدة عامة في المدن العالمية الرئيسة[٣٨].

وبالرغم من ذلك، يجري الحديث عن أن إيجاد وسيلة نقل عقلانية سيأخذ بعض الوقت وخصوصاً في المجتمعات التي تغلغل فيها استعمال السيارات. فالمؤسسات وأنماط الحياة وتخطيط العديد من المدن قد جرى على أساس أن وسيلة النقل هي السيارة أو وسيلة «معادلة» للسيارة. وهكذا يتحتم أن تكون الأولوية في القيام بتحسين استهلاك الوقود.

وقد جرى تحسين السيارات في العالم كله بحيث زادت كفاءة الوقود بنسبة خمسة وعشرين بالمئة عما كانت عليه عام ١٩٧٣. إلا أن ذلك لم يمنع زيادة الطلب على النفط. وتسير السيارات الجديدة بمعدل ٢٥ إلى ٣٣ ميل بالغالون في معظم البلدان، إذا ما قورنت بثلاثة عشر ميلاً بالغالون عام ١٩٧٣ في الولايات المتحدة وثمانية عشر ميلاً بالغالون في إيطاليا (انظر جدول ٣-٣). وحالياً تأتي المكاسب الاقتصادية في مجال الوقود عن طريق تقليل وزن السيارات وبالتالي التحول لسيارات صغيرة ذات دفع أمامي. وقد ضاعفت السيارات الأمريكية من كمية الوقود التي توفرها بعد عام ١٩٧٣، إلا أنها لم تستطع سد الفجوة الموجودة بينها وبين أوروبا واليابان في هذا المضمار[٣٩].

ويجري اليوم عرض العديد من التقنيات الموفرة للوقود في قاعات العرض،

ونجد اختراعات أكثر إثارة في برامج البحث والتطوير. وقد درجت السيارات ذات حمولة أربعة مسافرين والتي يمكنها قطع مسافة مئة ميل بالغالون على مدارج الاختبار في أوروبا واليابان. وقد قطعت أوروبا وخصوصاً اليابان شوطاً بعيداً في السبق نحو تطوير تكنولوجيا موفرة للوقود، في حين تتعثر الولايات المتحدة بعيداً خلفها. وبنهاية عام ١٩٨٧ أوقفت الشركات الثلاث صانعة السيارات الصغيرة في أمريكا برامج بحثها الرامية لتطوير سيارات صغيرة اقتصادية. في حين أن إنتاج تكنولوجيا اقتصادية في استهلاك الوقود يتقدم بثبات في اليابان(٤٠).

جدول ٣-٣. نماذج من سيارات المسافرين الاقتصادية التي تم بيعها في بعض الأقطار بين عامي ١٩٧٣-١٩٨٥

القطر	١٩٧٣	١٩٨٥ (ميل لكل جالون)	نسبة التحسن النسبة مئوية
الدانمارك	٢٦	٣٣	+ ٢٧
ألمانيا الغربية	٢٣	٣١	+ ٣٥
إيطاليا	٢٨	٣٠	+ ٠٧
اليابان	٢٣	٣٠	+ ٣٠
المملكة المتحدة	٢١	٣١	+ ٤٨
الولايات المتحدة	١٣	٢٥	+ ٩٢

Source: International Energy Agency, Energy Conservation in IEA Countries (Paris, OECD, 1987).

وكالعادة يأتي الاقتصاد في الوقود تدريجياً. فيمكن اقتضاب وزن السيارات بإدخال المزيد من الألومنيوم في صناعتها، أو سبائك جديدة من الحديد أو البلاستيك الذي تم تطويره في المدة الأخيرة، أو مادة يطلق عليها فخار عصر الفضاء. ويمكن تكييف المحركات أو إعادة تصميمها كلياً بحيث تستخدم الطاقة المنبعثة من الاحتراق بشكل كامل. كما أن أجهزة نقل الحركة المطورة بإمكانها مجاراة سرعات المحرك بالقوة اللازمة. كما أن مكيفات الهواء الاقتصادية والإضافات الأخرى المطوَّرة يمكن أن تسمح باختزال حجم المحرك ووزن السيارة إجمالاً. كما

أن الألكترونيات الصغيرة تستطيع أن تنظم عمل المحرك وأجهزة نقل الحركة كما يمكنها أن تحسن عمل أجهزة التوجيه بشكل ثوري.

وهناك موديلات حديثة اقتصادية تجوب الطرق يصل مداها إلى خمسين ميلاً بالغالون الواحد. (انظر جدول ٤-٣). وكما نرى فإن أغلبها يابانية. فمثلاً سيارات «هوندا» CRX ذات المقعدين الشبيهة بسيارات الرياضة (المطاردة)، نجد أن هيكلها قد حشي بعوارض بلاستيكية، وأدخل فيه أجزاء من معدن الألومنيوم، وروعي أن يكون تصميمها الخارجي انسيابيا بحيث تقل مقاومتها للهواء، وزودت بمحرك ذي احتراق مُحسّن. وكذلك نجد أن محرك سوزوكي سبرنت قد صنعت أغلب أجزائه من الألومنيوم، وبإمكان سيارات ميتسوبيشي ميراج أن تفتح أو تغلق اسطوانات المحرك حسب الحاجة. وزودت سيارات هوندا سيتي بـ «جير» Gear يعمل باليد أو أوتوماتيكياً ويتكون من سبعة غيارات بحيث يسمح بإبقاء سرعة المحرك في وضعها الأفضل[٤١].

وغيرت شركة سوبارو صندوق الـ «جير» كليًّا واضعة بدلاً منه جهازاً أطلق عليه (جستي Justy) قادر على تغيير السرعة باستمرار "CVT". وقد تم تزويد "CVT" بحزام لنقل الحركة يسمح للمحرك بتنظيم سرعته بنفسه موفراً بذلك عدداً غير محدود من الغيارات. وقد اكتشفت سوبارو أن هذه التكنولوجيا قد رفعت توفير الوقود بنسبة عشرين بالمئة بالمقارنة بالـ «جير» الأوتوماتيكي ذي السرعات الثلاث، وعشرة بالمئة بالمقارنة بالـ «جير» العادي ذي السرعات الخمس[٤٢].

ولنماذج الموديلات الأصلية مستويات في مجال توفير الوقود تفوق كل ما هو مطروح في السوق. وأكثر تلك النماذج إبداعاً هي سيارة فولفو LCP2000. فقد استخدمت شركة فولفو المواد الخفيفة بشكل واسع بما في ذلك المغنيزيوم. وتزن سيارة LCP نصف وزن السيارة الأمريكية ذات الحجم المتوسط، وزودت بمحرك ديزل متطور يقبل تبديل الوقود. ويعمل مهندسو شركة فولفو على إدخال CVT ودواليب لموازنة جهاز اختزان الطاقة وذلك لرفع المسافة التي تقطعها السيارة بالغالون بزيادة عشرين ميلاً[٤٣].

جدول ٣-٤ . مقارنة السيارات ذات الأربع مقاعد في مجال الاقتصاد في الوقود، ١٩٨٧

الموديل / الصنع	نوع الوقود	المسافة المقطوعة بالغالون الواحد
(سيارات أنتجت)		
بيجو 205	بنزين	٤٢
فورد «إسكورت»	ديزل	٥٣
هوندا سيتي	بنزين	٥٣
سوزوكي سبرنت	بنزين	٥٧
نماذج/ موديلات		
فولفو LCP 2000	ديزل	٧١
بيجو ECO	بنزين	٧٣
فولكسفاجن E80	ديزل	٨٥
تويوتا AXV	ديزل	٩٨

Source: Deborah Bleviss, The New Oil Crises and Fuel Economy Technologies, Preparing the light Transportation Industry for the 1990's (New York Quorum Press, in Press).

وكذلك أخذت شركة فولفو المستهلك في الاعتبار: فنجد أن سيارة LCP 2000 تقاوم الصدمات أكثر من غيرها من السيارات المستعملة، وتقابل معدلات تلوث الجو، كما أن معدل إسراع محركها يفوق معدل السيارة الأمريكية المتوسطة، ويمكن إنتاجها تجارياً بنفس تكاليف السيارات الصغيرة المستعملة اليوم. أما الإنجاز الآخر فهو موديل تويوتا AXV ، فهي تشتمل على محرك ديزل مزود بجهاز لتغيير السرعة باستمرار CVT . وواسعة بحيث يمكن استخدامها كسيارة للأسرة ـ وفي الحقيقة تعتبر إنجازاً رائعاً حيث يصل مداها إلى ثمان وتسعين ميلاً للغالون الواحد(٤٤).

وإن أي تغيير في التقنيات يمكن أن يعيد تشكيل سيارات المستقبل، ويحقق توفيراً أعظم. وعلى العموم يمكن تحقيق مكاسب كبيرة بصناعة سيارات ذات

هياكـل أقـل مقاومة للهواء وأقل وزناً، إلا أنه لا يمكن إغفال التطور والنضج السريع الذي يحدث في أجهزة نقل الحركة. وتشمل السيارات الجديدة محركات ذات احتراق داخلي نظيف ويولد حركة أقوى، وقد صنعت بكاملها مما يسمى فخار عصر الفضاء.

ولا يمكن منـاقشـة القـدرة التكنيكية الفـائقـة التي تتميز بها السيارات الاقتصـادية، إلا أن الـذين يقـومـون بعملية التسويق، وخصوصاً في الولايات المتحدة، يرون أن الوقود لا يشكل أولوية ملحة بالنسبة للمستهلك، حيث إن أسعار الوقود لـم يشملها سُـعار الغلاء. ولحسن الحظ لا يأتي توفير الوقود على حساب متطلبات أخرى هامة. فالموديلات ذات القدرة الفائقة على التوفير في مجال الـوقـود يمكن أن تكـون مأمـونة ويعتمد عليها وفي نفس الوقت ذات تكاليف معقولة، حتى إنه يمكن أن تكون سيارة سريعة مثل هوندا CRX والفولفو LCP.

وتعتبر محركات الديزل اليوم أوفر المحركات إلا أن مستقبلها تلفه الغيوم لما ينبعث عنهـا من مواد تلوث الجـو. وبـالـرغم من ذلـك فإنها تخلف كمية من أول أكسيد الكـربون Carbon monoxide والفحم المائي hydrocarbon أقل مما تخلفه محركات البنزين، ويوفر الديزل كمية أكبر من أكسيد النيتروجين وذرات الغبار. واستـطاعت شركـة مرسيدس بينـز وفولكسفاجن أن تطور محركات الديزل التي تصنعها بحيث توائم المعدلات أو المستويات التي تفرضها ولاية كاليفورنيا ـ التي تعتبر أعلى المستويات في العالم. وبالرغم من ذلك لو جرى استعمال هذه المحركات بكثرة فإنها ستفسد نوعية الهواء بعض الشيء. ومع ذلك يعتقد الخبراء أنه بالإمكان إنتاج محركات ديزل ذات احتراق نظيف. ويبدو أنه من الأسهل إنجاز التحسينات في مجال الاقتصاد في الطاقة باستخدام وسائل تكنولوجية أخرى(٤٥).

كل التغييرات التي تطرأ على تصميم السيارات مكلفة، بما في ذلك التغييرات التي تأتي على مراحـل منتـظمـة. ومع ذلك تبدو التقنيات الاقتصادية غالية إذا أنتجت بشكل تجاري وجرى تجميعها على خطوط التجميع الحديثة، حتى إن ثمن تلك السيارات قد يعـادل ثمن السيارات المستعملة اليوم. فالمـواد البلاستيكية

المطوَّرة لا تحتاج لعمليات لحام متنوعة مثل بقية المعادن ولذا فهي تكلف أقل لدى صناعتها. لذا تبدو التكاليف الاقتصادية أكثر جدوى إذا جاءت التكنولوجيا دفعة واحدة لا على دفعات أو بالقطعة. ويشير مكتب تقييم التكنولوجيا في الولايات المتحدة عام ١٩٨٢ أنه لو دفعت جهود الابتكارات في مجال الاقتصاد في الوقود لتشارك كلياً في المصانع وأدوات الإنتاج، فإنه بزيادة خمسين إلى تسعين دولاراً لثمن كل سيارة في الولايات المتحدة سيصبح بالإمكان رفع درجة توفير الوقود في معظم السيارات لتبلغ ٣٨-٥٣ ميلاً بالغالون الواحد بحلول عام ١٩٩٠. ويمكن أن يرتفع هذا الرقم ليصل ٥١-٧٨ ميلاً للغالون الواحد عام ٢٠٠٠، وسيكلف ذلك زيادة تتراوح بين ١٢٠-٣٣٠ دولار في ثمن السيارة الواحدة، وهذا أقل من ثمن مسجل ستيريو جيد[٤٦].

وبالرغم من تكاليف التوفير في الوقود المتواضعة، فإن السوق لا يبدو مشجعاً لوحده على إطلاق العنان للاقتصاد في الوقود بالشكل اللازم لمواجهة تزايد الاعتماد على النفط. ومع أن تكاليف توفير البنزين (المتمثلة في شراء سيارات اقتصادية أغلى ثمناً) تبقى أقل من تكاليف شرائه، فإن مشتري السيارات لا يعبأون بقضية توفير الوقود. ويتجه الاهتمام نحو معايير أخرى مثل الثقة بنوعية السيارة وطرازها، لأن تعبئة السيارة بالبنزين يبدو ضئيلاً أمام التكاليف الأخرى مثل تكاليف الصيانة. ولا بد أمام تلك العقبة التي تبدو ذات شأن بالمقارنة بأسعار الوقود، فإنه لا بد من اتباع سياسة مراعاة مستويات الصناعة وتشجيع المستهلكين لمواصلة دفع توفير الوقود للأمام.

حُدود جديدة للصناعة

لقد مهدت الصناعة الطريق نحو تطوير وتحسين الاقتصاد في الوقود في معظم الأقطار خلال الخمسة عشر عاماً الأخيرة. وقد تناقصت كثافة استهلاك الطاقة في الأقطار الأعضاء في منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية بحوالي ثلاثين بالمئة منذ عام ١٩٧٣. وكسبت الدانمارك واليابان في هذا المضمار بشكل لم يسبق له مثيل،

حيث وفرت سبعة بالمئة سنوياً بين عام ١٩٧٩ وعام ١٩٨٤. وفي الواقع تناقص استهلاك الولايات المتحدة في استهلاك الطاقة في مجال الصناعة بحوالي سبعة عشر بالمئة بعد عام ١٩٧٣، بالرغم من زيادة الإنتاج الصناعي بسنبة سبعة عشرة بالمئة في نفس الفترة. وواضح أنه في بعض الأقطار الصناعية، بما في ذلك الولايات المتحدة، لم يعد القطاع الصناعي المستهلك الأكبر في مجال الوقود(٤٧).

ويرى مارك روس Marc Ross الفيزيائي بجامعة ميتشغان سببين خلف تناقص كثافة استهلاك الطاقة في صناعة الولايات المتحدة. فيقول إنه يمكن أن نعزو ٤٥ بالمئة للتغيير في تركيب الاقتصاد نحو إنتاج مواد وبضائع لا تحتاج لطاقة مركزة. فقد تدنى إنتاج الصلب والإسمنت في حين تزايدت الأدوات الكهربائية: وجرى استيراد المواد التي تحتاج صناعتها لطاقة مكثفة من الأقطار حديثة العهد بالصناعة. أما الجزء الآخر من الاقتصاد في الطاقة والبالغ ٥٥ بالمئة فيمكن رده للمعدات والعمليات الاقتصادية الجديدة. وقد راعى مديرو الصناعات في العديد من الأقطار عدم التبذير في الطاقة من أجل المحافظة على الأرباح الهامشية(٤٨).

وانخفض استهلاك الصناعة من النفط: فأصبح البترول وقوداً ذا خاصية معينة. فنصف النفط الذي استخدمته الصناعة الأمريكية استخدم كمادة خام لا كوقود. وقد تناقص استهلاك الغاز الطبيعي والفحم في عدة حالات، كما صمتت الدوافع التي كانت تدق طبول «كهربة الصناعة». وقد أصبح استخدام الكهرباء مربحاً بعد إدخال عمليات الإنتاج الكهربية مثل الأفران الكهربائية والإنسان الآلي(٤٩).

وحتى بعد هذه الإنجازات، ما زالت الصناعة تستهلك حوالي ٣٧ بالمئة من مجمل الطاقة المتوفرة في سوق الاقتصاد الصناعي، كما تستهلك ما بين ٦٠-٧٠ بالمئة في العديد من البلدان النامية. وما زالت الصناعة الأمريكية تستخدم طاقة ذات كثافة عالية بالمقارنة مع أوروبا واليابان، وربما أدى تدني أسعار النفط في المدة الأخيرة لقبول بعض الصناعات بوقف برامجها في مجال الاقتصاد في استخدام الطاقة، فتتأخر بالتالي عملية التطوير والتحسين(٥٠).

وكان نصيب الأسد في مجال الاقتصاد في تطوير الصناعة في الولايات المتحدة في حقل تكرير البترول والصناعات الكيميائية والإسمنت والصلب والورق والزجاج والفخار ـ أي: في الصناعات ذات الكثافة العالية في مجال استهلاك الطاقة، حيث فرضت المنافسة القيام بالتغيير اللازم. وتستهلك صناعات أخرى، لا تتطلب طاقة ذات كثافة عالية، حصة متنامية من الطاقة الصناعية. وتوضح الدراسات أن شركات عديدة ما زالت ترفض العديد من التحسينات في مجال الاقتصاد وفي الطاقة من أجل مردود على المدى القصير، في حين تزيد من استثمارها لغرض زيادة نصيبها في السوق[٥١].

ولا بد أن يأتي تدريب المديرين في مجال تقييم والتعرف على الفرص في مجال رفع كفاءة الطاقة كإحدى الأولويات أمام الشركات والقائمين على التخطيط القومي. وحين تقوم الشركات بإدخال أجهزة جديدة فإن رفع كفاءة الطاقة يأتي بفارق كبير يؤثر على مجمل استهلاك المصنع من الطاقة لعقود تأتي من الزمن. وقد عينت بعض الشركات مديرين مهمتهم برمجة استهلاك الطاقة، وتتعلق رواتبهم بمدى نجاحهم في القدرة على تخفيض استهلاك الطاقة. وتفرض الحكومة اليابانية على الشركات ذات الاستهلاك الكبير من الطاقة تعيين مدير طاقة متفرغ.

ويختلف استعمال الصناعة للطاقة، إلا أن بعض التقنيات شائعة الاستعمال ذات قدرة كبيرة على التوفير. ففي الولايات المتحدة ٩٥ بالمئة من الطاقة الكهربائية الصناعية تصرف لتوليد الحركة الميكانيكية وللإذابة والتحليل بالكهرباء ولتوليد الحرارة (انظر جدول ٥-٣). ويمكن تحسين عملية توليد الحركة كهربائياً، الشائعة في الإنتاج الصناعي، بعدة وسائل مثل استخدام أجهزة السيطرة الألكترونية التي يمكنها أن تخفض الحاجة للطاقة بنسبة خمسين بالمئة. وقد زادت المبيعات من هذه الأجهزة ثلاث مرات في الولايات المتحدة بعد عام ١٩٧٦ ويمكن أن تتوسع وتزداد أكثر. ويقدر معهد بحوث الطاقة الكهربائية أن الفرق في سرعة الحركة يكفي للتعويض عن الطاقة الكهربائية التي سيستخدمها سبعة وعشرون مشروعاً صناعياً تكنولوجيا سيتم تدشينها بين عامي ١٩٨٠ و٢٠٠٠[٥٢].

جدول ٣-٥ . الولايات المتحدة: التقنيات الجديدة والاستخدام الصناعي للكهرباء

استخدام الكهرباء	حصة الكهرباء الصناعية	التقنيات التي تحسن الاقتصاد في الطاقة	الاتجاه المتوقع للكثافة الكهربائية
الحركة الميكانيكية الكهربائية	٧٠	محركات كفؤة غيارات سرعة يمكن تعديلها تحسين مصادر الوقود	تحت
الإذابة (التحليل) بالكهرباء	١٥	تحسين كفاءة الخلايا التفاعل الكلري فصل الأغشية المصنوعات الألكتروميكانيكية	تحت
الحرارة الكهربية	١٠	استخدام البلازما التصنيف الألكتروني التدفئة بالليزر والشعاع الألكتروني والأشعة فوق الحمراء، والموجات القصيرة المعالجة بالأشعة فوق البنفسجية	فـــوق
مجالات أخرى	٥	استخدام الروبوتات تحسين أماكن التدفئة/ التبريد	فوق

Source: Adam Kohane and Ray squitieri, ''Electricity use in manufacturing'' in Annual Review Inc. Annual Review of Energy, Vol. 12 (Palo Alto, Calif, in press).

obeikandi.com

وأصبح إنتاج الكيماويات المستهلك الأكبر الآن للطاقة الصناعية في أغلب الأقطار، وقد بلغ معدله اثنين وعشرين بالمئة في الولايات المتحدة. وقد ساهم تكنيك الانتاج المحسن ومبتكرات الحفاظ على الحرارة في تخفيض كثافة الطاقة المستعملة في صناعة الكيماويات الأمريكية بنسبة ٣٤ بالمئة بين عامي ١٩٧٢ و١٩٨٥. كما أن صناعة الإسمنت أصبحت مستهلكاً رئيساً ومتنامياً للطاقة. وأن عمليات الاقتصاد في استهلاك الطاقة قد بدأت تأخذ مجراها في هذا الميدان، وقد تميز من بين تلك التحسينات الأخذ بعملية الإنتاج الجاف التي تقلل استهلاك الطاقة بشكل هائل(٥٣).

وقد تدنت أهمية صناعة الصلب التي كانت يوماً ما رمزاً للتصنيع، إلا أنها ما زالت مستهلكاً رئيساً للطاقة. وتدني استهلاك الحديد، وأغلقت تلك الصناعة بعض وحداتها الصناعية القديمة ذات الكفاءة المنخفضة في مجال توفير الوقود. ففي الأقطار الصناعية تم تبديل أفران صهر الصلب التقليدية بأفران تستخدم الأوكسجين وأفران الصهر بالكهرباء التي تعيد استعمال نفاية الحديد وتخفض استهلاك الطاقة للنصف. وقد تضاءلت شهية مصانع صهر الحديد الموجودة بسبب التحول لتكنيك يشمل عمليتي صهر وتشكيل الحديد معاً مما يقلل تبذير الطاقة(٥٤).

وتكمن إحدى الفرص العظيمة لتحسين استخدام الطاقة في الـ «كوجينيريشن» Cogeneration ـ وهي عملية مزدوجة يمكن الحصول منها على الكهرباء والحرارة معاً. وذلك عن طريق تركيب مرجل صغير مع المولد الكهربائي في نفس الوحدة الصناعية، فتنتقل الحرارة التي كانت ستفقد بعد توليد الكهرباء ليصبح بالإمكان استخدامها في الصناعة بدلاً من ضياعها. ولا يمكن اعتبار مثل تلك الأنظمة جديدة، فهي كانت منتشرة في بداية هذا القرن، وجرى إلغاؤها حين ساد الاتجاه نحو بناء وحدات طاقة مركزية. وقد بلغ إنتاج محطات الكوجينيريشن في الولايات المتحدة ٤٧٦,١٠ ميغاوات عام ١٩٧٩، وما زال هذا التكنيك متبعاً بشكل واسع في تدفئة المدن بأوروبا. وقد شجعت الدانمارك بناء

نظام «كوجينيريشن» في كل محطات الطاقة الجديدة[٥٥].

وقد تنامى عدد أنظمة الازدواج الصناعي (الكوجينيريشن) في الولايات المتحدة بعد قرار تنظيم سياسة المرافق العامة لعام ١٩٧٨، الذي يسمح للوحدات الصناعية ببيع الطاقة للمرافق بسعر معقول، وبلغ مجمل إنتاج محطات الإزدواج الصناعي (كوجينيريشن) ١٣,٠٠٠ ميغاوات بعد عام ١٩٨٥، إلا أنه من المتوقع أن ينمو هذا الرقم بسرعة في الأعوام القليلة القادمة بعد الانتهاء من بناء المئات من تلك المحطات. وقد سجل لدى اللجنة الفيدرالية لتنظيم الطاقة مشاريع سيبلغ إنتاجها ٤٧,٠٠٠ ميغاوات بعد الأول من أكتوبر ١٩٨٧ (ويعادل هذا الإنتاج من الطاقة ما تولده سبعة وأربعون محطة كهرباء نووية كبيرة كما يبلغ ثمن تلك الطاقة أربعون بليون دولار)[٥٦].

وسجل في عام ١٩٨٧ إنتاج ١٣,٠٠٠ ميغاوات. وتشتمل محطات الازدواج الصناعي (الكوجينيريشن) الآن على معظم شركات الهندسة والتصنيع التي كانت تشرف على تلك الصناعة سابقاً، كما أن لديها المال اللازم، وقد توطدت علاقاتها بالبنوك الرئيسة والمستثمرين في البلاد. ويتفاوت حجم مشاريع الـ «كوجينيريشن» من ٣٠٠,٠٠٠ كيلووات لخدمة الوحدات البتروكيماوية إلى عشرين كيلووات لخدمة المطاعم والشقق السكنية. ويخطط الصناعيون لإنتاج وحدات ذات طاقة تتراوح بين ٣-٥ كيلووات بحيث تلائم الاستخدام المنزلي. وبالإضافة لصناعة استخراج النفط التي تستخدم تلك الطاقة لضخ الهواء من أجل دفع النفط، نجد أن أكبر الصناعات التي تستهلك هذه الطاقة: الصناعات الكيماوية التي يمكنها استخدام منتجات النفط الثانوية كوقود: صناعة طهي الطعام التي تحتاج لحرارة عالية: وصناعة الورق، التي تستخدم نفايات الأخشاب كوقود[٥٧].

ودلت الفطنة التقليدية في بداية الثمانينات أن صناعة الـ «كوجينيريشن» لن تقدم أكثر من جزء صغير قياساً بأنظمة الطاقة المركزية. أما اليوم، مع تقدم التكنولوجيا، فإنه من المتوقع أن تزود محطات الـ «كوجينيريشن» بالطاقة جزءاً من المرافق التجارية والصناعية مثل الفنادق والمستشفيات. وتقدر هيئة خدمات الطاقة

التطبيقية أن إنتاج الطاقة عام ٢٠٠٠ من محطات الـ كوجينيريشن Cogeneration سيفوق إنتاج المحطات الذرية، وسيبلغ ١٠٠,٠٠٠ ميغاوات ـ أي خمسة عشر بالمئة من إنتاج الولايات المتحدة من الطاقة. وسيزداد هذا الجهد على المدى الطويل[٥٨].

وللـ «كوجينيريشن» بعض المشاكل، من ضمنها أن نصف المشاريع الأمريكية تعتمد على الغاز الطبيعي، الذي لا يمكن توقع بقائه وقوداً رخيصاً كما هو الحال اليوم. ويشكل الفحم ثلاثين بالمئة من وقود محطات الـ «كوجينيريشن» الأمريكية المخطط لها، وهذا النوع من الوقود يعقد مشكلة تزايد الكربون في الجو. ومن المهم ملاحظة أن محطات الـ «كوجينيريشن» ستحل محل محطات الطاقة التي تستخدم الفحم والغاز كوقود لها. فالصناعات التي كانت تستخدم الغاز لإنتاج الطاقة اللازمة لها يمكنها اليوم أن تزيد استهلاكها من الغاز بنسبة ضئيلة لكي تنتج ما تحتاجه من الكهرباء. وتشير الدراسات أنه باتباع طريقة الإنتاج المزدوج للطاقة «كوجينيريشن» فإنه سيصبح بإمكان المصانع أن تزيد نسبة اقتصادها في الوقود من ٥٠-٧٠ بالمئة لتصبح ٧٠-٩٠ بالمئة. وبالإضافة لذلك، ومع اطراد نمو الأخذ بطريقة الـ «كوجينيريشن» في إنتاج الطاقة، وقبل اتخاذ قرار حاسم، فإنه لا بد من مراعاة ما ينتج عن ذلك من تلوث الجو وتزايد ثاني أكسيد الكربون[٥٩].

وتقبل الصناعة عموماً الآن على تخفيض استهلاك الطاقة والمواد عموماً بشكل جذري، وتميل لترك المشاريع القديمة. ويبدو أن دول العالم الاقتصادية الكبيرة قد قطعت نصف الشوط في جهدها نحو ترك إنتاج المواد الأساسية، مدفوعة لهذا الاتجاه بسبب غلو أسعار الطاقة. ويعمل إشباع السوق وغزارة (وفرة) المواد فيه، وبروز منتجات التكنولوجيا المتطورة على تغليف العصر الجديد. وبالمقابل لن تستهلك الدول الصناعية في عام ٢٠٠٠ طاقة صناعية بحجم ما استهلكته قبل ربع قرن مضى[٦٠].

ورغم هذه الأنباء الجيدة بالنسبة للبيئة العالمية ولاقتصاد معظم الأقطار، فإنه يمكن أن يحدث العكس وذلك باحتمال زيادة الطلب على الطاقة في البلدان النامية

والبلاد ذات التخطيط المركزي. ويعاني الكثير من بلدان العالم الثالث من الأضرار الناجمة عن دعم أسعار الطاقة، وعدم الحصول على تكنولوجيا اقتصادية في مجال استهلاك الوقود، وكذلك الإدارة السيئة. إلا أن كل هذه العوامل يمكن التغلب عليها بتغيير السياسة المتبعة، ويمكن الإسراع في إجراء هذا التغيير عن طريق المساعدات التقنية الدولية، إلا أنه سيثبت أنه من الصعب التغلب على تلك الصعاب دون الالتزام بسياسة ترمي للتوفير في مجال استهلاك الطاقة.

وقد نجحت البرامج الرامية لتطوير الاقتصاد في الطاقة اللازمة لصناعة المنتجات الأساسية في أقطار مثل كينيا وكوريا الجنوبية. وتشير الدراسات إلى أنه يمكن رفع درجة الاقتصاد في الطاقة في الصناعات الموجودة حالياً في الهند بنسبة ١٥-٣٠ بالمئة، وذلك فقط باتباع أساليب اقتصادية بيتية. وبالإضافة لتلك الجهود زهيدة التكاليف، فإن تنامي الصناعة في دول العالم الثالث يخلق فرصاً هائلة للعمل من أجل الاقتصاد في الطاقة[٦١].

وخلال انتقال الصناعات الأساسية التي تتطلب قدراً مكثفاً من الطاقة لدول العالم الثالث، فإنه من الضروري أن تنتقل معها جهود الإبداع التكنيكي. وإن توفير الطاقة بشكل متزايد يعد أحد أساسيات النجاح في أحوال المنافسة الحادة التي تواجهها صناعات دول العالم الثالث.

حدود نمو الطاقة

ووصف عهد ما بعد الحرب عموماً بأنه عصر النفط. فقد حرك النفط آلات الصناعة كما ساعد على رفع مستويات المعيشة في كل العالم. وانطلاقاً من نفس المنطق فإن العصر الحالي هو عصر كفاءة الطاقة. فبعد عام ١٩٧٣ وفر العالم كميات من الطاقة أكثر مما كسب من كل الموارد الجديدة الأخرى مجتمعة. فقد وفرت دول السوق الصناعية بعد عام ١٩٧٣ ما يفوق استهلاك افريقيا وأمريكا اللاتينية وجنوب آسيا. فمكن الاقتصاد في الوقود العالم من الخروج من ركود عامي ١٩٨١-١٩٨٢، وأدى إلى هبوط أسعار النفط الحقيقية بنحو ٧٥ بالمئة بين عام ١٩٨١ وعام ١٩٨٦[٦٢].

ويبدو أن تحذير نادي روما عام ١٩٧٢ أن معين العالم من الوقود والمواد الخام سينضب، يتناقض مع الحقيقة الثابتة اليوم وهي أن العالم يواجه فيضاً لا نقصاً في وقـود الحفريات. إلا أن هذا الفيض نفسه ليس إلا نتاج مؤقت للعجز وارتفاع الأسعار. فمنذ بواكير السبعينات والعالم يواجه سلسلة من الصعوبات في النمو إلا أنـه أظهـر قدرة فائقة على التكيف، وكان الفضل في ذلك للارتفاع العنيف في الأسعار الذي لم يتوقعه نادي روما. إلا أنه يبدو الآن أن حدود البيئة العالمية تتحول الآن لتصبح الأكثر صرامة وفي نفس الوقت الأكثر خطراً، وتتحدى بمرارة عزم أصحاب القرار السياسي والمواطنون كذلك(٦٣).

وان استثمار اقتصاد الطاقة هو الرد الأجدى لتلك الحدود، حيث انها تؤدي في الـوقت نفسـه للتقليل من الاعتـماد على النفط، وتخفيض نسبة تلوث الجو، وتصون المناخ. وأن مضاعفة قدرة السيارات الأوروبية في اقتصاد الوقود، بحيث وصلت إلى ٥٠ ميلاً للغـالون، فسيخفض ذلك فاتورة وقودها السنوي بحوالي ٤٠٠ دولار: ويقلل من أكسيد النيتروجـين، والهـايدروكاربون (الفحم المائي) ويقلل من قذف الكربون بمقدار النصف، أي ما يعادل ٤٥٠ كيلوغرام سنوياً. كما أنه لو طبقت إصلاحات مشابهة في العالم كله فسيتناقص المقذوف من الكربون حوالي ٢٠٠ مليون طن سنوياً، وسيشكل ذلك دعماً حقيقياً لجهود حماية المناخ.

وزاد استيراد النفط في بعض الأقطار عام ١٩٨٦، وذلك للمرة الأولى خلال عقـد من الزمان ـ فقد ازداد استيراد الولايات المتحدة مليون برميل يومياً. وإذا استمـر الاتجاه الحـالي فستستورد الولايات المتحدة بحلول منتصف التسعينات كميات من النفط أكثـر من أي وقت مضى. وفي الـوقت نفسـه سيزداد تركيز الاهتمام، بشكل لم يسبق له مثيل، حول المتبقي من احتياطي النفط في الخليج الفارسي. وستصبح الولايات المتحدة والمملكة المتحدة في أواخر التسعينات منتجي نفط ثانويين. وستتزعم تقريباً ستة أقطار خليجية عملية الإنتاج حيث يكون لديها احتياطي يكفي ثمانين سنة تأتي(٦٥).

ويعرض انعدام التوازن في سوق النفط العالمية للخطر أمن الدول المستوردة

في مجال الطاقة وكذلك أمن المجتمع العالمي كله. فلو انتجت الدول الشرق أوسطية ٨٠ بالمئة من مجمل ما كانت تنتجه عام ١٩٧٣ و١٩٧٩، فإنه بوسع أي نزاع سياسي أو عسكري صغير أن يرفع الاسعار لعنان السماء. وان زيادة الأسعار الناتجة عن ذلك ربما فاقت ما حدث في السبعينات. ومع ارتفاع الاستهلاك العالمي الآن بنسبة واحد بالمئة وتدني انتاج الولايات المتحدة المفاجىء، فإنه من المعتقد أن نصل لمنطقة الخطر في منتصف التسعينات[٦٦].

وان الوسيلة الوحيدة لتجنب الأزمة في التسعينات هي الاستثمار في مجال رفع كفاءة الطاقة ـ وعلى الأخص في مجال المواصلات. وتقوم حقيقة ان الاقتصاد في الطاقة (رفع كفاءة الطاقة) قد كان السبب في وفرة النفط في منتصف الثمانينات كشاهد على أن إزدياد الجهود لرفع كفاءة الطاقة يمكن أن يقلل استيراد النفط. فقد كان بوسع عملية تغيير واحدة ـ رفع كفاءة الوقود في السيارات الأمريكية من ١٣,١ ميل بالغالون الواحد عام ١٩٧٣ لتصبح ١٧,٩ ميل بالغالون عام ١٩٨٥ ـ تخفيض استهلاك الولايات المتحدة من البنزين بمقدار عشرين بليون غالون في السنة، وقد أدى ذلك لتخفيض استيراد النفط بـ ١,٣ مليون برميل يومياً، وذلك يعادل ثلثي الحد الأقصى لإنتاج أغنى حقول ألاسكا[٦٧].

ويتفق جيولوجيو النفط في الرأي على أنه من المستبعد أن تعثر الولايات المتحدة على حقل نفط غني آخر مثل حقل «برودو بيي»، إلا أنه باستطاعتها أن توفر ١,٩ مليون برميل يومياً بحلول عام ٢٠٠٠ وذلك عن طريق رفع كفاءة الطاقة في السيارات الجديدة لتصل إلى خمسة وأربعين ميلاً للغالون بحلول عام ١٩٩٥ طبقاً لما جاء في دراسة أعدتها ديبرا بليفس من المعهد الدولي لحماية الطاقة. ويبدو ذلك غير عملي للوهلة الأولى، إلا أنه يجب على الأقطار المنتجة للسيارات أن تعمل على رفع كفاءة استهلاك السيارات الحديثة بمعدل ميل واحد في العام[٦٨].

ويبقى تلوث الجو، بعد عقد من السيطرة عليه، مشكلة ملحة في أغلب المدن، وفقط تلك التي رفعت درجة اقتصادها في الوقود يمكنها أن تساعد في حل تلك المعضلة. ويمكن أن يؤدي رفع كفاءة الطاقة للتقليل من خطر التلوث

بالمخلفات، بالرغم من اعتماد ذلك على نوع التقنيات التي تم تطويرها. وجاء في دراسة أجراها المجلس الأمريكي لتوفير الطاقة عام ١٩٨٧ ان رفع درجة كفاءة الطاقة يمكن أن يقلل استهلاك الكهرباء في ولايات منطقة (مد وست) بحوالي ١٥-٢٥ بالمئة، وبالتالي سيوفر ذلك إمكانية تخفيض استعمال محطات المنطقة العاملة بالفحم مما سينتج عنه تخفيض كمية المطر الحمضي. ولأن الاقتصاد في الطاقة هو توفير بحد ذاته، فإنه يمكن استثمار المدخرات الناتجة في مجالات أخرى للحد من تلوث الجو[٦٩].

ويعتبر التغيير الذي يأخذ مجراه الآن في المناخ أعنف تهديد للبيئة، فسيكون تأثيره شاملاً ولا يمكن رد نتائجه إلى أصلها. وكما أشرنا في الفصل الثاني، فإنه سيكون من نتيجة الاقتصاد في الوقود عالمياً بنسبة اثنين بالمئة سنوياً أن تبقى درجة حرارة العالم تتراوح حول مستواها الحالي، وبذلك يمكن تجنب أعنف التقلبات المناخية.

ويبدو أن زيادة الاقتصاد في الطاقة بنسبة اثنين بالمئة سنوياً ولبضعة عقود تحدياً صارماً إلا أنه ممكناً. فبعد فترة تزيد عن نصف قرن ستنخفض كثافة استهلاك العالم من الطاقة بمقدار الثلثين. وقد استطاعت بعض دول السوق الصناعية تحقيق أو بلوغ هذا المعدل خلال الخمسة عشر عاماً الماضية. وسيكون الإبقاء على هذا المعدل خلال عقود من الظروف المتغيرة وخلال هبوط أسعار النفط مهمة صعبة، تتطلب تغييرات جذرية من ذلك النوع الذي أشرنا إليه في الفصل الثاني. إلا أنه ولحسن الحظ قد توفرت العديد من التقنيات اللازمة لذلك، وهناك العديد من الأقطار تقودنا على الطريق. فلا بد أن تصبح الإنشاءات في العالم قاطبة ذات كفاءة عالية كتلك التي في السويد، وتصبح الصناعة أيضاً ذات كفاءة عالية كتلك التي في اليابان. كما يجب أن تصبح السيارات ذات كفاءة عالية تعادل كفاءة تلك النماذج الموجودة بالمؤسسات الهندسية الأوروبية واليابانية.

وتختلف أولويات الاقتصاد في الطاقة من قطر لآخر. وتعتبر الصناعة أولى الأولويات في أقطار العالم الثالث والبلاد ذات التخطيط المركزي لأنها (أي

الصناعة) أكبر مستهلك للطاقة كما أنها المؤثر الرئيسي في ميداني نوعية البيئة والتنافس الاقتصادي. أما في الدول الصناعية فلا يجدر بالحكومات أن تولي لهذا القطاع الاهتمام الذي توليه للقطاعات الأخرى.

ويعتبر رفع كفاءة وسائل المواصلات عاملاً حاسماً في بعض الأقطار. فيمكن إنجاز معدلات كفاءة عالية في استهلاك السيارات للوقود عن طريق تشجيع المستهلكين على شراء سيارات اقتصادية، ووضع معدلات اقتصادية لاستهلاك الوقود وفي الصناعة والسكك الحديدية وفرض ضرائب على الوقود. بعد ذلك ستصل كفاءة السيارات في الاستهلاك إلى حدود عملية، ولدى بلوغ تلك المرحلة فإنه سيكون من المهم تطوير وقود اقتصادي بديل مثل (الإيثانول)، ويستمر التطوير نحو مجتمعات مهيأة لتحقيق كفاءة أعلى والإعتماد على الطاقة البشرية والمواصلات العامة.

كما تعتبر الأبنية في المجتمعات الصناعية أكبر مستهلك مسرف في الطاقة، لذا يستحق أن توجه إليه أولى اهتمامات البرامج الحكومية. وسيكون من نتائج التحسينات التي تتخذ في أبنية تلك المجتمعات إنقاذ الغلاف الجوي من التلوث بـ ٢٢٥ مليون طن من الكربون سنوياً، إلا أن تدفئة وتبريد وإضاءة هذه المباني سيضخ في الغلاف الجوي ما مقداره ٩٠٠ مليون طن كل عام ـ وهذا يعادل ١٧ بالمئة من مجمل نفايات (مخلفات) وقود الحفريات. كما يمكن أيضاً خفض استهلاك السيارات والصناعة عموماً من الوقود للنصف حتى بالتقنيات المتوفرة، ويمكن تخفيض حاجة المباني من الطاقة بحوالي ٧٥ بالمئة أو أكثر لدى تشييد أبنية جديدة. ولبلوغ معدل التطوير بنسبة اثنين بالمئة فلا بد أن تعوض المباني عن العائد الضئيل في مجالي الصناعة والنقل(٧٠).

ويمكن تسويغ الاستثمار المزمع لتحقيق معدل من التطوير في مجال الطاقة يعادل اثنين بالمئة على مدى العقد أو العقدين القادمين على أسس اقتصادية، إلا أنه بالمقابل لا بد من اتخاذ خطوات يكون من شأنها تحسين عمل اسواق الطاقة أيضاً. فقد وفر العالم ما قيمته ٣٠٠ بليون دولار من التوفير في مجال الطاقة بعد

عام ١٩٧٣، وكان أغلبها نتيجة لقرارات استثمارية خاصة. وسينتج عن رفع معدل التوفير بنسبة اثنين بالمئة سنوياً تقليل فواتير الوقود بحوالي ٢٠ بليون دولار سنوياً، بتكاليف إضافية تبلغ ٥-١٠ بليون دولار[٧١].

وفي دول الاقتصاد التجاري يُلقى بعبىء الاقتصاد في الطاقة على القطاع الخاص، المسئول عن تسديد فاتورة رفع كفاءة المباني وتحديث الأدوات الصناعية. ويصرف العالم الآن ما يعادل ٢٠-٣٠ بليون دولار سنوياً لتطوير الاقتصاد في الطاقة، وذلك أقل مما كان في بداية الثمانينات. وإذا وفرت الدول حوافز أكثر للاستثمار في مجالات توفير الطاقة فإنه يمكن لهذا الرقم أن يتناقص للثلث بحلول عام ٢٠٠٠. وتمتص برامج التطبيق والتنمية والبحث الموجهة للسوق الصناعية حوالي ٦٠٠ مليون دولار سنوياً[٧٢]. كما يمكن أن تتضاعف نفقات سكك حديد الدولة على مثل تلك المجالات ثلاث أضعاف في معظم الأقطار.

ويتعين على الولايات المتحدة والاتحاد السوفييتي أن تأخذ دور القيادة إذا كان في النية معالجة مشاكل الاقتصاد في الطاقة وتغيير المناخ بشكل جدي. فالولايات المتحدة أكبر مستهلك للطاقة في العالم، وقادت العديد من دول العالم لتبديد الطاقة في فترة ما بعد الحرب. ويعتبر الاتحاد السوفييتي أقل الدول الصناعية كفاءة في مجال توفير الطاقة، كما أن موارده من الطاقة من بين أسرع المصادر تنامياً في العالم. ويعزى لهاتين الدولتين ٤٢ بالمئة من مجمل الكربون الموجود بالغلاف الجوي والناتج عن استهلاك الوقود. وسيكون التزام الدولتين بتحسين كفاءة الوقود أكبر دعم لجهود حماية المناخ كما سيساعد على تجنيد الجهود لتلك الغايات في العالم[٧٣].

وهناك العديد من الدلائل تشير إلى أنه من المحتمل أن يجعل الاتحاد السوفييتي من قضية رفع كفاءة الطاقة إحدى القضايا القومية ذات الأولوية. فقد سجل لبعض الرسميين قولهم انه من أجل نجاح الـ (بيريسترويكا) «إعادة بناء النظام الاقتصادي» فلا بد من الأخذ بعين الاعتبار المكاسب الناتجة عن تحسين استخدام الطاقة. وقد اجتمع خبراء تحسين استخدام الطاقة في الغرب وكان بينهم ممثلين عن معهد جبال روكي والأكاديمية الوطنية الأمريكية للعلوم، واشترك بها

يفغيني فيليخوف نائب رئيس أكاديمية العلوم السوفييتية ومستشار غورباتشوف مما يبدو معه أن غورباتشوف يدعم الجهود الجديدة(٧٤).

وتعتبر دول العالم الثالث من المناطق الهامة لدى بحث قضية الطاقة على المدى الطويل. وفي الحقيقة هناك بعض الظواهر المزعجة في التنبؤات الحالية منها أن الدول الصناعية ستبقى تستهلك قسماً كبيراً من الطاقة العالمية في حين يعيش ثلاثة أرباع سكان العالم في الدول النامية. وبدت دراسة أعدها المعهد العالمي لتحليل الأنظمة التطبيقية عام ١٩٨١ ملائمة ظاهرياً للبحث في القضايا العالمية، في حين أنها أخذت بعين الاعتبار أن العالم الثالث سيستهلك ٣٦ بالمئة من مجمل الطاقة العالمية في عام ٢٠٢٠(٧٥).

ويتضمن مثل ذلك السيناريو فكرة تقول انه حين ينمو استهلاك دول العالم الثالث من الطاقة، سيبقى معدل الاستهلاك الفردي راكداً، وهذا الاحتمال يشير لإمكانية قيام دول العالم الثالث باقتفاء أثر الأمم التي دخلت الميدان الصناعي حديثاً. ورغم ما يتمشى مع التجربة الحديثة ـ كثير من دول العالم الثالث مثقلة بديون أجنبية باهظة وأصبحت عاجزة عن شراء النفط من السوق ـ إلا أن وجهة النظر هذه غير أخلاقية ولا تتمشى مع وجهة النظر المعلنة للمجتمع الدولي. وإن الاقتصاد في الطاقة الذي يفرضه الفقر ليس اقتصاداً على الإطلاق. إن هذا ليس إلا فقر خالص.

ويعتبر اشباع حاجات الفقراء من الطاقة دون تكرار اخطاء الأغنياء أعصى التحديات. ويمكن لدول العالم الثالث تحسين مستويات استهلاكها من الوقود ورفع مستويات الحياة بموارد الطاقة المحدودة فقط عن طريق رفع كفاءة الطاقة بسرعة واتباع طريق تنمية الزراعة على أساس اللامركزية. ويعتبر الشروع في ثورة رفع كفاءة الطاقة في الدول الفقيرة بأمريكا اللاتينية وافريقيا حاسماً. وهناك بعض الأقطار الآسيوية، بما فيها الصين، تملك أكبر احتياطي من الفحم، ووقود الحفريات في العالم يكفيها لعقود عديدة إلا أن عليها مواجهة خيارات البيئة الصارمة. كما ان اتباع وسائل رفع كفاءة الطاقة لتجنب استخدام الفحم يمكن

أن يكون أساسياً لحماية صحة البشر والمناخ كذلك. وتشير دراسة أنجزها فريق دولي حول الطاقة في العالم نشرها معهد الموارد العالمي (WRI) في واشنطن لضخامة التحديات والانجازات التي ستنجم عن رفع كفاءة الطاقة في العالم الثالث (انظر جدول ٦-٣). وتخلص الدراسة إلى أن تزويد العالم بالطاقة في عام ٢٠٢٠ يمكن أن يزيد قليلاً عن مستوى استهلاك الطاقة الحالي وذلك إذا طبقنا مبدأ رفع كفاءة الطاقة لخفض نصيب الفرد من الطاقة في الدول الصناعية وفي نفس الوقت الإبقاء على نصيب الفرد على ما هو عليه في حين يتم رفع مستويات الحياة للمستوى الأوربي الحالي. وقد وجهت أغلب التحسينات في العالم الثالث للمناطق الزراعية، في حين يجري تجديد الأفران المستعملة حالياً بأفران مطورة تعمل بوقود مجدد (انظر الفصل الخامس)[٧٦].

جدول ٣-٦. استهلاك العالم من الطاقة، حسب الإقليم عام ١٩٨٠ مع سيناريو عام ٢٠٢٠

		٢٠٢٠	
الإقليم	١٩٨٠	IIASA (2)	WRI (1)
			(تيراواط)
الدول النامية	٣,٣	٧,٤	٩,٢
الدول الصناعية	٧,٠	٣,٨	١٤,٦
العالم	١٠,٣	١١,٢	٢٣,٨

(1) WORLD RESOURCES INSTITUTE

(1) INTERNATIONAL INSTITUTE FOR APPLIED SYSTEM ANALYSIS.

Source: Jose Goldembery et al, Energy for a Sustainable world (Washington, D.C: World Resources Institute, 1987).

ويتمشى هذا السيناريو مع الهدف الرامي للاقتصاد في الطاقة بنسبة اثنين بالمئة سنوياً وبشكل انعطافاً حاداً نحو حل القضايا العالمية بشكل عادل، كما سيجنبنا العواقب السيئة التي ستنجم عن ارتفاع درجة حرارة العالم. إلا أن مثل

تلك الأرقام يمكن تفصيلها بسهولة على الكومبيوتر ومن الصعب تطبيقها في الحياة. وإذا أريد لتلك الرواية أن تنتهي نهاية سعيدة فلا بد أن تتغلب دول العالم الثالث والدول الصناعية على العديد من العقبات السياسية وتبدأ بتنفيذ جهودٍ طموحةٍ نحو الاقتصاد في الطاقة.

ويجب أن تخرج جهود رفع كفاءة الطاقة من مخاوف وزارات الطاقة الغامضة إذا أريد لها أن تبلغ كامل جهدها. كما يجب أن توضع على رأس جداول العمل الحكومية والصناعية كاملة. كما يجب أن يتحول تعبير رفع كفاءة الطاقة من تعبير تعارف عليه العلماء والمختصين ليصبح موضوعاً قومياً ودولياً وفلسفة إقتصادية. ويعتبر رفع كفاءة الطاقة عنصراً هاماً من عناصر الاقتصاد ويجب أن تبلغ درجة من الاهتمام قريبة من تلك التي تحتلها عملية الإنتاج أو التضخم. وقد أشارت لجنة الأمم الأوربية للحاجة لهذا الالتزام. وفي اجتماع جرى عام ١٩٨٦ وافق وزراء الطاقة على تحديد هدف طموح يرمي لبلوغ تحسين يصل إلى عشرين بالمئة من خلال رفع كفاءة الطاقة بحلول عام ١٩٩٥[٧٧].

وان تحسينات كفاءة الطاقة، بطبيعتها، مجزأة وغير جذابة: فالمواد العازلة السميكة وقطع السيارات الخزفية ليست خلابة بحد ذاتها مثل عملية الانصهار الذري أو مثل لاقطات الإشعاع الشمسي المستعملة في الفضاء. لكن الولع للحصول على كميات ضخمة من الطاقة قد أوصلنا لمعضلتنا الحالية: وربما كان تركيز جهودنا على القضايا الدنيوية هو الطريق الوحيد للنجاة. وربما لم يكن هناك محاولة أخرى نحو هدف احتضان مجتمع قابل للبقاء. وبدون رفع كفاءة الطاقة فالأمر يتلخص في سؤال يقول أيها سينهار أولاً: الاقتصاد العالمي أم النظام الأيكولوجي الذي يدعمه. وعلى الأقل مع رفع كفاءة الطاقة، فإننا نُبقي على فرصة الجهاد.

Chapter 3. Raising Energy Efficiency

1. International Energy Agency (IEA), *Energy Conservation in IEA Countries* (Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), 1987). In this chapter the term energy is meant to include only commercial energy; fuelwood and similar developing-country subsistence energy supplies are not included.

2. National energy efficiency is measured in energy consumption per dollar of gross national product, based on data in IEA, *Energy Conservation in IEA Countries*; economic savings from efficiency from Arthur H. Rosenfeld, Director, Center for Building Science, Lawrence Berkeley Laboratory, "Energy-Efficient Buildings: The Case for R&D," Testimony in Hearing on Conservation and Renewables, Subcommittee on Energy Research and Development, Committee on Energy and Natural Resources, U.S. Senate, March 26, 1987.

3. Energy Policy Project of the Ford Foundation, *A Time to Choose: America's Energy Future* (Cambridge, Mass.: Ballinger, 1974); U.S. Department of Energy (DOE), Energy Information Administration (EIA), *Monthly Energy Review*, February 1987.

4. For a discussion of various energy forecasts, see John H. Gibbons and William U. Chandler, *Energy: The Conservation Revolution* (New York: Plenum Press, 1981); on nuclear power, see Christopher Flavin, *Reassessing Nuclear Power: The Fallout From Chernobyl*, Worldwatch Paper 75 (Washington, D.C.: Worldwatch Institute, March 1987).

5. IEA, *Energy Conservation in IEA Countries*.

6. Ed A. Hewett, *Energy, Economics, and Foreign Policy in the Soviet Union* (Washington, D.C.: Brookings Institution, 1984).

7. Arthur H. Rosenfeld, "Conservation and Competitiveness," Testimony in Hearings on Economic Growth Opportunities in Energy Conservation Research, Task Force on Community and Natural Resources, Budget Committee, U.S. House of Representatives, Washington, D.C., July 15, 1987.

8. Eric Hirst et al., *Energy Efficiency in Buildings: Progress & Promise* (Washington, D.C.: American Council for an Energy-Efficient Economy, 1986); aviation industry status from Boeing, Inc., Seattle, Wash., private communications, September 1987.

9. Arthur H. Rosenfeld and David Hafemeister, "Energy-Efficient Buildings: David vs. Goliath," *Scientific American*, forthcoming; "EPA Mileage Test Results," *Washington Post*, September 21, 1987.

10. Douglas Cogan and Susan Williams, *Generating Energy Alternatives, 1987 Edition* (Washington, D.C.: Investor Responsibility Research Center, 1987).

11. Efficiency data from IEA, *Energy Conservation in IEA Countries*.

12. Roger W. Sant et al., *Creating Abundance: America's Least Cost Energy Strategy* (New York: McGraw-Hill, 1984); Alan K. Meier et al., *Saving Energy Through Greater Efficiency* (Berkeley: University of California Press, 1981); for current progress in U.S. least-cost planning, see Energy Conservation Coalition, "A Brighter Future: State Actions in Least-Cost Energy Planning," Washington, D.C., December 1987.

13. Churchill quoted in K.E. Goodpaster and K.M. Sayre, *Ethics and the Problems of the Twenty-First Century* (Notre Dame, Ind.: University of Notre Dame, 1979); IEA, *Energy Conservation in IEA Countries*.

14. For industrial market countries, see IEA, *Energy Conservation in IEA Countries*; for Third World, see, for example, Oscar Guzman et al., *Energy Efficiency and Conservation in Mexico* (Boulder, Colo.: Westview Press, 1987); for centrally planned economies, see William U. Chandler, *The Changing Role of the Market in National Economies*, Worldwatch Paper 72 (Washington, D.C.: Worldwatch Institute, September 1986).

15. Howard S. Geller, "End-Use Electricity Conservation: Options for Developing Countries," Energy Department Paper No. 32, World Bank, Washington, D.C., 1986; José Goldemberg et al., *Energy for Development* (Washington, D.C.: World Resources Institute, 1987).

16. IEA, *Energy Conservation in IEA Countries*; Hirst et al., *Progress & Promise*.

17. Lee Schipper et al., *Coming in from the Cold: Energy-Wise Housing in Sweden* (Washington, D.C.: Seven Locks Press, 1985); on United Kingdom, see "The 56 Church Road Syndrome: Nice but not Efficient," *Energy*

Economist (Financial Times Business Information, London), August 1987; Charles Goldman, "Measured Energy Savings from Residential Retrofits: Updated Results from the BECA-B Projects," in American Council for an Energy-Efficient Economy (ACEEE), *Proceedings of the 1984 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, Vol. B* (New and Existing Single Family Residences) (Washington, D.C.: 1984).

18. Hirst et al., *Progress & Promise;* Deborah Bleviss and Alisa Gravitz, *Energy Conservation and Existing Rental Housing* (Washington, D.C.: Energy Conservation Coalition, 1984); "Issue Brief: Alliance Efforts to Improve Residential Energy Audits," Alliance to Save Energy, Washington, D.C., September 1987.

19. A degree-day is a measure of wintertime severity; indexing efficiency to degree-days takes account of different heating requirements. These homes are all traditionally heated, not employing passive solar techniques. José Goldemberg et al., "An End-Use Oriented Global Energy Strategy" in Annual Reviews, Inc., *Annual Review of Energy, Vol. 10* (Palo Alto, Calif.: 1985).

20. Schipper et al., *Coming in from the Cold;* William A. Shurcliff, "Superinsulated Houses" in Annual Reviews, Inc., *Annual Review of Energy, Vol. 11* (Palo Alto, Calif.: 1986).

21. Les Gapay, "Heat Cheap in Cold Country," *Public Power*, July/August 1986; Liz Fox quoted in Peter Tonge, "Energy Efficiency vs. Frills," *Christian Science Monitor*, September 18, 1987. On residential efficiency in general, see ACEEE, *Proceedings from the ACEEE 1986 Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, Vol. 2* (Small Building Technologies) (Washington, D.C.: 1986).

22. In these energy consumption figures, electricity is expressed in energy content of the fuel required in generation rather than the energy content of the electricity itself. Roughly two thirds of fossil fuel energy is lost in electricity generation. Rosenfeld and Hafemeister, "Davids vs. Goliath." U.S. savings potential is a Worldwatch Institute estimate based on ibid. and on DOE, EIA, *Monthly Energy Review*, May 1987. On commercial building efficiency in general, see ACEEE, *1986 Summer Study, Vol. 3* (Large Building Technologies).

23. Rosenfeld and Hafemeister, "Davids vs. Goliath"; Kate Miller, Commercial Building Energy Conservation Office, Bonneville Power Administration, Portland, Ore., private communication, August 28, 1987.

24. Herb Brody, "Energy-Wise Buildings," *High Technology*, February 1987; Hashem Akbari et al., "Undoing Uncomfortable Summer Heat Islands Can Save Gigawatts of Peak Power," *ACEEE 1986 Summer Study, Vol. 2*.

25. Arthur H. Rosenfeld and David Hafemeister, "Energy Conservation in Large Buildings," in David Hafemeister et al., eds., *Energy Sources: Conservation and Renewables*, Conference Proceedings No. 135 (New York: American Institute of Physics, 1985).

26. Rocky Mountain Institute, "Advanced Electricity-Saving Technologies and the South Texas Project," Old Snowmass, Colo., 1986. These estimates have undergone scrutiny and been corroborated by a review performed for a Massachusetts utility; see Boston Edison Review Panel (William Hogan, chair), *Final Report, Vol. 2*, Appendix 6 (Boston, Mass.: Boston Edison Company, 1987).

27. Brody, "Energy-Wise Buildings"; Stephen Selkowitz, "Window Performance and Building Energy Use: Some Technical Options for Increasing Energy Efficiency," in Hafemeister et al., *Energy Sources: Conservation and Renewables*.

28. All the models discussed here are comparably sized, 16 to 18 cubic feet, except for the Danish-built model, which is 20 cubic feet. Jørgen Nørgaard, Technical University of Denmark, Lyngby, Denmark, private communications, October 28–29, 1987; Howard S. Geller, "Energy-Efficient Residential Appliances: Performance Issues and Policy Options," *IEEE Technology and Society Magazine*, March 1986; David B. Goldstein and Peter Miller, "Developing Cost Curves for Conserved Energy in New Refrigerators and Freezers," ACEEE, *1986 Summer Study, Vol. 1* (Appliances and Equipment).

29. Geller, "Energy-Efficient Residential Appliances."

30. Cost-of-saved-energy figures are calculated by dividing the annualized cost (an efficient model's extra purchase price) by the annual energy savings; see Meier et al., *Saving Energy Through Greater Efficiency*.

31. Hirst et al., *Progress & Promise*.

32. The term large power plant is meant to imply a 1,000 megawatt plant; Geller, "Energy-Efficient Residential Appliances."

33. Rosenfeld and Hafemeister, "Davids vs. Goliath."

34. Ibid.; Geller, "Energy-Efficient Residential Appliances."

35. William R. Alling, Electronic Ballast Technology, Inc., Testimony in Hearings on Economic Growth Opportunities in Energy Conservation Research, Task Force on Community and Natural Resources, Budget Committee, U.S. House of Representatives, July 15, 1987; Arthur Rosenfeld, Lawrence Berkeley Laboratory, Berkeley, Calif., private communication, October 25, 1987.

36. New England Energy Policy Council, "Power to Spare: A Plan for Increasing New England's Competitiveness Through Energy Efficiency," Boston, Mass., 1987; Boston Edison Review Panel, *Final Report;* Samuel Berman, "Energy and Lighting" in Hafemeister et al., *Energy Sources: Conservation and Renewables;* California Energy Commission cited in Rocky Mountain Institute, "South Texas Project."

37. IEA, *Energy Conservation in IEA Countries;* DOE, *International Energy Annual 1984* (Washington, D.C.: 1985); DOE, *Annual Energy Review 1985* (Washington, D.C.: 1986); Office of Conservation, "FY 1988 Energy Conservation Multi-Year Plan," DOE, Washington, D.C., 1986; estimate of worldwide carbon emissions from transportation based on fossil fuel carbon emissions model of Ralph Rotty, University of New Orleans (formerly of Institute for Energy Analysis, Oak Ridge Associated Universities, Oak Ridge, Tenn.), private communication, June 16, 1987; carbon emissions for American car based on Jim MacKenzie, "Relative Releases of Carbon Dioxide from Synthetic Fuels," World Resources Institute, Washington, D.C., unpublished memorandum, June 10, 1987.

38. A public car (also called a "jitney") is a private vehicle like a taxi that runs on well-traveled routes, transporting several passengers at once. The efficiency of mass transit is primarily determined by how fully it is used. Empty buses and trains are no more efficient than autos. For comparisons of different modes, see William U. Chandler, *Energy Productivity: Key to Environmental Protection and Economic Progress,* Worldwatch Paper 63 (Washington, D.C.: Worldwatch Institute, January 1985), which shows efficiency of European transit modes, where buses and trains tend to be well used. But compare Mary C. Holcomb et al., *Transportation Energy Data Book, Edition 9* (Oak Ridge, Tenn.: Oak Ridge National Laboratory, 1987), which shows the relatively minor differences among modes in the United States, where mass transit is underutilized.

39. IEA, *Energy Conservation in IEA Countries.* Fuel economy ratings are composite figures, calculated as a weighted average of 55 percent urban driving and 45 percent highway driving. All figures are either from U.S. Environmental Protection Agency (EPA) or are normalized to EPA's standard test (except in Table 3–3, which is normalized to the European urban test). Although EPA ratings were once consistently above actual road performance, adjustments of their techniques now improve their accuracy. To convert from MPG to liters per 100 kilometers, divide 235 by the MPG figure.

40. Deborah Bleviss, *The New Oil Crisis and Fuel Economy Technologies: Preparing the Light Transportation Industry for the 1990's* (New York: Quorum Press, in press).

41. Ibid.

42. Ibid.

43. Ibid.

44. Ibid.

45. Ibid.; Jack Paskind, California Air Resource Board, Sacramento, Calif., private communication, August 27, 1987; Jeff Alson, Assistant to the Director, Emissions Control Technology Division, EPA, Ann Arbor, Mich., private communication, September 29, 1987.

46. Bleviss, *The New Oil Crisis;* U.S. Congress, Office of Technology Assessment (OTA), *Increased Automobile Fuel Efficiency and Synthetic Fuels: Alternatives for Reducing Oil Imports* (Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 1982).

47. IEA, *Energy Conservation in IEA Countries;* DOE, EIA, *Monthly Energy Review,* April 1987; DOE, "Energy Conservation Indicators 1984 Annual Report," Washington, D.C., 1985; Lee Baade, EIA, DOE, Washington, D.C., private communication, October 8, 1987.

48. Marc Ross, "Current Major Issues in Industrial Energy Use," prepared for Office of Policy Integration, DOE, October 24, 1986.

49. Ibid.; Adam Kahane and Ray Squitieri, "Electricity Use in Manufacturing," in An-

nual Reviews, Inc., *Annual Review of Energy, Vol. 12* (Palo Alto, Calif.: in press).

50. IEA, *Energy Conservation in IEA Countries*; Guzmán et al., *Energy Efficiency and Conservation in Mexico*.

51. Marc Ross, "Industrial Energy Conservation," *Natural Resources Journal*, August 1984.

52. Kahane and Squitieri, "Electricity Use in Manufacturing"; Electric Power Research Institute, "Electrotechnology Reference Guide," Palo Alto, Calif., April 1986.

53. Ross, "Major Issues in Industrial Energy"; Chandler, *Energy Productivity*.

54. Ross, "Industrial Energy Conservation"; Marc Ross, "Industrial Energy Conservation and the Steel Industry," *Energy, The International Journal*, October/November 1987.

55. OTA, *Industrial Energy Use* (Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 1983); Edison Electric Institute, "1985 Capacity & Generation, Non-Utility Sources of ENergy," Washington, D.C., 1987; Nørgaard, private communications.

56. Edison Electric, "1985 Capacity & Generation"; Federal Energy Regulatory Commission (FERC), "The Qualifying Facilities Report," Washington, D.C., January 1, 1987.

57. FERC, "Qualifying Facilities Report"; "Cogeneration," *Power*, June 1987; "GE Plays the Cogeneration Card," *Energy Daily*, August 6, 1985; Donald Marier and Larry Stonaken, "Financing a Maturing Industry," *Alternative Sources of Energy*, May/June 1987; Mueller Associates, Inc., "Cogeneration's Retail Displacement Market," *Alternative Sources of Energy*, June/July 1986; Donald Marier and Larry Stonaken, "Surviving the Coming Industry Shakeout," *Alternative Sources of Energy*, May/June 1987.

58. Roger Naill, Applied Energy Services, Arlington, Va., "Cogeneration and Small Power Production," presentation ro Energy Policy Forum, Airlie, Va., June 16, 1987.

59. Breakdown of cogeneration from FERC, "Qualifying Facilities Report"; OTA, *Industrial Energy Use*.

60. Robert Williams et al., "Materials, Affluence, and Energy Use," in Annual Reviews, *Annual Review of Energy, Vol. 12*.

61. Geller, "Options for Developing Countries"; Lee Schipper and Stephen Meyers, "Energy Conservation in Kenya's Modern Sector: Progress Potential and Problems," *Energy Policy*, September 1983; G. Anandalingam, "The Economics of Industrial Energy Conservation in the Developing Countries," in R.K. Pachauri, ed., *Global Energy Interactions* (Riverdale, Md.: The Riverdale Co., Inc., 1987).

62. Based on IEA, *Energy Conservation in IEA Countries*.

63. Donella H. Meadows et al., *The Limits to Growth* (New York: Universe Books, 1972).

64. Worldwatch Institute calculations based on data from IEA, International Road Federation, and Rotty, private communication.

65. British Petroleum Company, *BP Statistical Review of World Energy* (London: 1987); DOE, EIA, *Monthly Energy Review*, May 1987; Christopher Flavin et al., "The Oil Rollercoaster," Fund for Renewable Energy and the Environment, Washington, D.C., 1987.

66. Flavin et al., "The Oil Rollercoaster."

67. DOE, EIA, *Monthly Energy Review*, April 1987; U.S. oil savings, Worldwatch Institute estimate based on ibid.

68. Flavin et al., "The Oil Rollercoaster"; Bleviss, *The New Oil Crisis*.

69. ACEEE, *Acid Rain and Electricity Conservation* (Washington, D.C.: 1987).

70. Worldwatch Institute estimate based on data from IEA and Rotty, private communication.

71. Worldwatch Institute estimate based on Rosenfeld, "Conservation and Competitiveness."

72. Current global expenditures on efficiency improvements is Worldwatch Institute estimate, based on Rosenfeld, "Conservation and Competitiveness"; R&D budgets from IEA, *Energy Policies and Programmes of IEA Countries, 1986 Review* (Paris: OECD, 1987).

73. Carbon data from Rotty, private communication.

74. Dennis Miller, Energy Engineering Board, National Academy of Sciences, Washington, D.C., private communication, November 6, 1987; Amory Lovins, Rocky Mountain Institute, Old Snowmass, Colo., private communication, November 4, 1987.

75. International Institute for Applied Systems Analysis, *Energy in a Finite World: Paths to a Sustainable Future* (Cambridge, Mass.: Ballinger Publishing Co., 1981).

76. José Goldemberg et al., *Energy for a Sustainable World* (Washington, D.C.: World Resources Institute, 1987).

77. Directorate-General for Energy, *Energy in Europe: Energy Policies and Trends in the European Community* (Luxembourg: Commission of the European Communities, 1987).

obeikandl.com