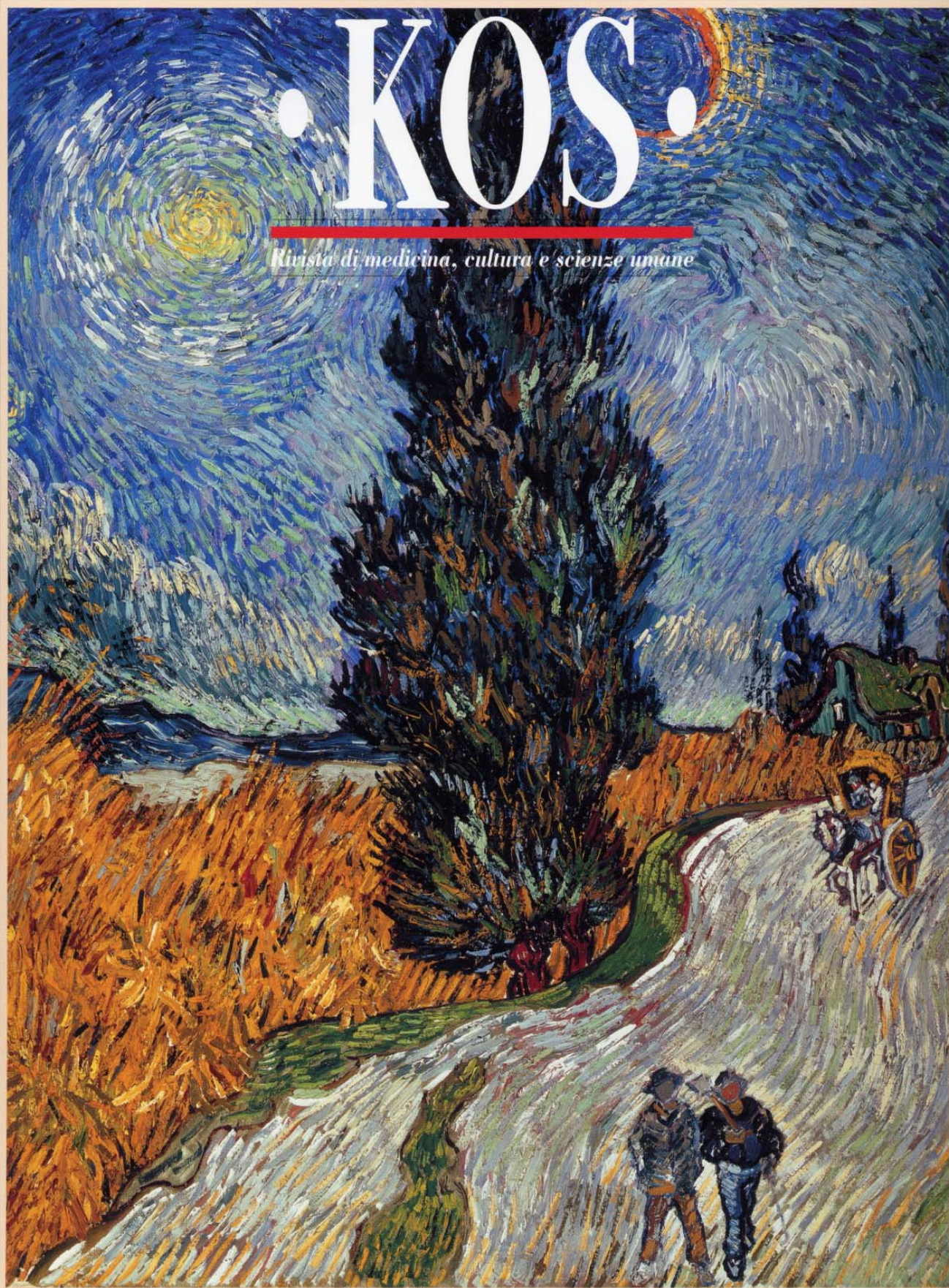


•KOS•

Rivista di medicina, cultura e scienze umane



Gli schiavi energetici

di Nicola Armaroli e Vincenzo Balzani

Nicola Armaroli,
Istituto ISOF, Consiglio Nazionale delle
Ricerche, Bologna

Vincenzo Balzani,
Dipartimento di Chimica "Giacomo
Ciamician", Università di Bologna

Per capire meglio la situazione di privilegio in cui ci colloca la disponibilità di energia a basso prezzo è interessante paragonare l'energia che può essere messa in campo da un essere umano con quella consumata dai dispositivi e dalle macchine di uso quotidiano. Il confronto rivela aspetti sorprendenti: si può stimare, ad esempio, che in media ogni cittadino italiano, per l'energia che consuma, è come se avesse a disposizione 24 ore su 24 una trentina di "schiavi energetici"

La Terra è una piccola astronave che viaggia nell'infinità dell'Universo. A quanto oggi ci è dato sapere, è l'unico luogo in cui la vita si è sviluppata e può continuare a persistere, anche in forme molto complesse. Sull'astronave Terra si trovano attualmente più di sei miliardi di persone che, presumibilmente, diventeranno otto nel giro di vent'anni. Verso il 2050 la Cina (dove attualmente nascono circa 25 persone al minuto) e l'India avranno ciascuna circa un miliardo e mezzo di persone e, insieme, costituiranno un terzo della popolazione mondiale.

Come ben sappiamo, le persone che viaggiano sull'astronave Terra sono collocate in "classi" molto diverse. Fra le varie nazioni del mondo e anche all'interno di ciascuna nazione ci sono infatti forti squilibri di risorse, consumi, benessere, opportunità, potere. Noi, cittadini benestanti dei Paesi sviluppati, siamo in una situazione di grande privilegio, ma siamo anche consapevoli di vivere in un mondo destabilizzato da questi squilibri. La necessità di colmare le gravissime disuguaglianze esistenti è non solo un imperativo morale, ma anche una necessità se si vuole che il mondo viva nella giustizia e nella pace.

Il problema dell'energia

Un problema sempre più emergente, sia a livello locale che planetario, è quello dell'energia (Armaroli e Balzani, 2004). Tutti gli abitanti della Terra vogliono avere più energia: molti per un bisogno effettivo,

collegato alla necessità di sviluppo delle loro nazioni povere e tecnologicamente arretrate; altri, invece, nei Paesi più ricchi e più progrediti, per sostenere e, se possibile, aumentare ancora i consumi ai quali sono stati abituati fin dalla nascita. Gli Stati Uniti usano circa il 25% di tutta l'energia, anche se la loro popolazione è meno del 5% di quella mondiale. Ogni americano, in media, consuma energia come due europei, una decina di cinesi, una quindicina di indiani o una trentina di africani. La disparità nei consumi energetici fra Paesi ricchi e Paesi poveri giunge fino a un rapporto 60 a 1 se si considerano il 10% delle nazioni più ricche e il 10% delle più povere (Hall et al., 2003). Attualmente il 95% dell'energia che usiamo viene ottenuta dai combustibili fossili (petrolio, carbone, gas naturale). La Cina aumenta le sue importazioni petrolifere del 30% all'anno e, pur avendo solo 16 automobili ogni mille abitanti, contro le 776 ogni mille abitanti degli Stati Uniti, è il secondo Paese nella lista dei maggiori consumatori mondiali di petrolio (Appenzeller, 2004). La domanda "Who Will Fuel China?" ("Chi fornirà il carburante alla Cina?") che già da anni aleggiava negli ambienti economici e politici, è un incubo che incomincia a prender corpo nei forti aumenti nel prezzo del petrolio di questi ultimi tempi. In una recente riunione dell'ASPO (Associazione per lo studio del picco di produzione del petrolio), alcuni esperti hanno affermato che il prezzo del petrolio salirà, dagli attuali 50 dollari al barile, a circa 80

dollari nel 2008 fino a giungere attorno ai 100 dollari nel 2010.

La fame di energia di tutte le nazioni della Terra si scontra con la necessità di diminuire il consumo dei combustibili fossili, sia perché sono una risorsa limitata e non rinnovabile, sia perché il loro uso causa pesanti danni all'ambiente. Questi sono essenzialmente di due tipi: da un lato vi è l'inquinamento dell'aria, delle acque e del suolo con danni diretti alla salute dell'uomo e degli ecosistemi; dall'altro il trasferimento di enormi masse di carbonio, sotto forma di biossido di carbonio, dal sottosuolo all'atmosfera con conseguente alterazione del bilancio termico terrestre ed aumento della temperatura del pianeta (effetto serra) (Armaroli e Balzani, 2004). Come si può risolvere il problema energetico? Come si può, allo stesso tempo, colmare le disuguaglianze che minacciano la pace, soddisfare le esigenze di chi è abituato al lusso e anche allo spreco, far fronte alla limitata disponibilità di combustibili fossili ed evitare i danni causati alla biosfera dal loro uso? È evidente che l'umanità è di fronte a una grande sfida, che deve essere affrontata al più presto, prima che accadano eventi fisici irreversibili e/o dinamiche politiche dominate dai conflitti per il controllo delle risorse energetiche. Il grande tema dell'energia, con tutti i suoi riflessi nella politica internazionale e nella vita sociale, dovrebbe essere al centro dell'attenzione dei governi, dell'insegnamento scolastico e, più in generale, dell'educazione dei cittadini.

Qui ci limiteremo a esaminare alcuni dati che

aiutano a ricordare quanto l'energia sia un bene prezioso, da usare con parsimonia e con saggezza.

Necessità di una transizione energetica

L'astronave Terra non è isolata; se lo fosse, la situazione dell'umanità sarebbe insostenibile in quanto le risorse contenute nella stiva si esaurirebbero rapidamente. Per fortuna la Terra riceve dal Sole, sotto forma di luce, la risorsa più importante: l'energia. Forse non è un caso che nell'*incipit* del libro della Genesi si affermi che la Terra era informe e deserta e Dio si affrettò a creare la luce. La luce del Sole è il "combustibile" che fa funzionare la più grande fabbrica della Terra: la fabbrica del cibo, cioè l'agricoltura. E anche petrolio,

carbone e gas naturale, i combustibili che fanno funzionare le nostre industrie e le nostre macchine, si sono formati nel corso di centinaia di milioni di anni a partire da materiale biologico prodotto grazie alla luce solare e possono, a ragione, essere considerati energia solare fossile. Vale la pena sottolineare che la quantità di energia solare che, sotto forma di radiazione elettromagnetica, raggiunge ogni anno la superficie terrestre è pari a oltre diecimila volte il consumo energetico complessivo mondiale corrente. Con la scoperta e l'uso dei combustibili fossili l'umanità (o, meglio, una parte di essa) ha imboccato la strada dello sviluppo tecnologico, la cui continuazione sembra ora compromessa dalla quantità finita di questa comoda risorsa energetica e, ancor più, dai

danni che il suo uso (e abuso) ha portato e sempre più porterà all'ambiente. Siamo dunque in un periodo storico cruciale per quanto riguarda l'energia (Smil, 2003) ed è ormai chiaro che per assicurare un futuro alla civiltà bisogna impegnarsi con urgenza a progettare la transizione verso l'uso di risorse energetiche alternative. Bisogna rendersi conto che i combustibili fossili sono un regalo irripetibile che la natura, nel corso delle ere geologiche, ha reso disponibile all'umanità. Utilizzando termini economici, potremmo dire che si tratta di una risorsa *una tantum*. Oggi sappiamo anche che l'uso di questo regalo

Paul Gauguin, La visione del sermone, 1888, olio su tela, The National Gallery of Scotland, Edimburgo.



causa danni all'ambiente. Anche in economia, del resto, le risorse *una tantum*, ad esempio quelle provenienti dai condoni edilizi, producono più danni che benefici. In analogia con quanto si richiede per una sana politica economica, anche nel campo delle fonti energetiche dovremo smettere di utilizzare risorse *una tantum* e mettere in atto una *riforma strutturale*: dovremmo passare, cioè, dall'uso (limitato nel tempo e pericoloso dal punto di vista ambientale) dei combustibili fossili all'uso della grande quantità di energia che la Terra riceve *in continuità* dal Sole (Turner, 1999).

L'umanità, quindi, dovrà gradualmente abbandonare l'uso dell'energia "densa" dei combustibili fossili (concentrata in alcune aree del pianeta) e abituarsi a quello dell'energia "diluata" che ci arriva dal Sole (distribuita in maniera relativamente uniforme su tutto il globo). Questo comporterà presumibilmente un mutamento sostanziale nello stile di vita. Dovremo abituarci a consumare meno energia, particolarmente nel settore dei trasporti, ma

saremo più liberi, perché l'energia non sarà più localizzata in ristrette aree geografiche: sarà disponibile sui tetti delle nostre case e nelle nostre campagne, non sarà più posseduta da poche nazioni, sarà di tutti. Quindi, non dovrebbe più essere motivo di guerre per il suo accaparramento e obiettivo di atti terroristici.

La quantità di energia consumata nei Paesi sviluppati è enorme e in continuo aumento. Nel 1970 una famiglia americana "media" consumava 157 barili di petrolio all'anno. Oggi la stessa famiglia ne consuma il 50% in più, cioè circa 230 barili, quasi 81 quintali pro capite all'anno.

Disporre di energia in qualsiasi momento è molto utile e comodo. Ma per uscire gradualmente e senza grandi traumi dalla crisi energetica ed ecologica che ci attanaglia, nell'attesa che le tecnologie che sfruttano l'energia solare in modo diretto o indiretto (celle fotovoltaiche, impianti eolici, produzione di idrogeno dall'acqua per via fotochimica, ecc.) diventino pienamente mature ed economicamente competitive, bisogna puntare sul risparmio energetico e su una maggiore efficienza nell'uso dell'energia. In particolare, quello del risparmio energetico è un concetto che deve essere ben spiegato, e al limite imposto, a tutti i cittadini dei Paesi

sviluppati e il perseguimento di una politica di risparmio ed efficienza deve essere il primo impegno di coloro che hanno responsabilità decisionali. Non si può certo dire che l'Italia sia all'avanguardia in questo campo.

L'energia dell'uomo e delle macchine

Per meglio capire la situazione di privilegio in cui ci colloca la grande disponibilità di energia è interessante paragonare l'energia consumata dai dispositivi e dalla macchine che usiamo tutti i giorni con quella che può essere messa in campo da un essere umano. L'energia muscolare umana è stata impiegata per millenni come principale forma di generazione di lavoro. I milioni di cosiddetti afroamericani che vivono oggi nelle Americhe sono la conseguenza della deportazione di "forza motrice umana" dall'Africa operata dai coloni europei a partire dagli inizi del XVII secolo. Questa risorsa energetica a bassissimo costo ebbe un ruolo molto importante nello sviluppo del Nuovo Continente, specie nell'agricoltura e nell'estrazione dei minerali. La storia quindi ci insegna che già nel passato la ricerca di fonti energetiche ha portato l'umanità a compiere azioni aberranti, cosa che purtroppo continua ai nostri giorni con le guerre per il controllo delle risorse petrolifere.

Vincent van Gogh, La collina di Montmartre con mulini a vento, 1886, olio su tela, Kröller-Müller Museum, Otterlo.



Un uomo in buona salute può generare una potenza di circa 800 W per un tempo breve, ad esempio salendo di corsa una rampa di scale, ma in un'attività continuativa che duri molte ore non riesce a sviluppare una potenza superiore a circa 50 W. Quindi possiamo stimare che le 12 ore lavorative giornaliere di uno schiavo corrispondono (avremmo voluto scrivere *corrisponderano*, ma sappiamo che la schiavitù non è ancora scomparsa sulla faccia della Terra) a una quantità di energia di 600 Wh ($2,2 \times 10^6$ J).

Vediamo ora come si confronta l'energia prodotta da uno schiavo con quella che consumano le apparecchiature comunemente utilizzate nella nostra vita di tutti i giorni. Un apparecchio radio-registratore-CD ha una potenza di circa 25 W. Questo significa che il suo funzionamento consuma una quantità di energia che è circa metà di quella prodotta dal lavoro di una persona.

Per vedere una partita di calcio alla televisione con un normale apparecchio (potenza 80 W) si consumano 160 Wh di energia, pari a quella prodotta da tre ore di lavoro di una persona; mentre per tenere acceso con energia umana un personal computer, che richiede una potenza di circa 150 W, sarebbe necessario il lavoro continuativo di tre persone.

Fare un bucato con una lavatrice di classe A (cioè una delle più efficienti, che consuma circa 800 Wh per un lavaggio a 60 °C) equivale a utilizzare il lavoro di una quindicina di persone per un'ora. Dieci minuti di uso di un asciugacapelli (potenza 1,2 kW) consumano una quantità di energia (20 Wh) pari a quella prodotta da una persona che lavora per quasi mezz'ora. Riscaldarsi con una piccola stufa elettrica (2,5 kW di potenza) equivale ad utilizzare l'energia generata dal lavoro di 50 persone.

Un semplice tosaerba a motore da giardino (non un "trattorino") ha una potenza di 3,5 kW. In un'ora di lavoro questa macchina consuma una quantità di energia pari a quella prodotta da nove operai che lavorassero per otto ore.

Il motore di un'automobile di media cilindrata, che eroga una potenza di circa 80 kW, viaggiando a velocità di crociera, compie un lavoro pari a quello di 1600 persone

(molte di più del nutrito gruppo di atleti utilizzati da una pubblicità di una nota marca di automobili tedesca). È evidente che neppure l'imperatore Cesare Augusto si poteva permettere il lusso della disponibilità istantanea di una tal massa di individui, attraverso un semplice gesto come è quello di girare la chiave in un cruscotto.

La più potente macchina da trasporto passeggeri oggi disponibile, un Boeing 747-400, in fase di decollo a pieno carico sviluppa una potenza di 80 MW, pari a quella erogabile da 1 milione e 600 mila "schiavi energetici". In altre parole, ogni volta che un velivolo 747-400 decolla da Malpensa, per sviluppare tutta la potenza erogata dai legami chimici del combustibile, occorrerebbe il contributo muscolare di tutti gli abitanti di Milano.

Passando infine a una centrale termoelettrica di grande potenza (800 MW), essa potrebbe funzionare "per via muscolare" grazie al lavoro continuativo di oltre un quarto di tutti gli italiani, 16 milioni di persone. In Italia vi sono installati 80.000 MW di potenza elettrica, che equivalgono a una potenza muscolare umana di 1 miliardo e 600 milioni di persone.

Anche piccole quantità di energia utilizzate da un gran numero di individui possono risultare in consumi, e spesso sprechi, enormi. Le nostre case, anche di notte, sono piene di piccole luci accese. Sono quelle degli elettrodomestici e degli altri dispositivi non del tutto spenti, ma in condizione di riposo (*standby*), pronti a partire in qualsiasi momento: televisori, videoregistratori, antifurto, cancelli automatici eccetera. Ebbene, si stima che negli Stati Uniti, per alimentare questa miriade di piccoli apparecchi in *standby* la cui diffusione è in continuo aumento, siano costantemente all'opera circa sei centrali da 800 MW (Smil, 2003), con una spesa energetica pari a quella di 96 milioni di persone.

Da questi esempi è evidente che il livello di vita al quale siamo abituati richiede il consumo di enormi quantità di energia. Noi ricchi di oggi, per vivere nella comodità, nell'abbondanza, e anche nel lusso, non utilizziamo più il lavoro di altri uomini. Il posto degli schiavi umani è stato preso da

"schiavi energetici" di tipo "usa e getta" (ovvero, risorse non rinnovabili) disponibili (per ora) in gran numero e a basso costo sul mercato dell'economia globale.

L'energia nascosta

Bisogna poi considerare che l'energia viene consumata non solo quando un'apparecchiatura è in uso, ma anche nella sua fase di costruzione. Ad esempio, per fare un'automobile sono necessarie circa due tonnellate di combustibili fossili, una quantità corrispondente a quella che la stessa automobile consumerà per percorrere circa 30.000 km. Nel caso di un frigorifero, si stima che il 96% dell'energia consumata riguardi l'uso, e solo il 4% la sua fabbricazione, ma in altri casi il rapporto fra energia consumata nell'uso e nella fabbricazione è molto diverso, anche a causa del breve "tempo di vita" dell'apparecchiatura. In generale, più alto è il contenuto tecnologico, minore è l'energia consumata durante l'uso, maggiore è l'energia spesa nella fase di costruzione e più breve è il tempo di vita dell'apparecchiatura.

Per costruire un computer, sono necessari circa 240 kg di combustibili fossili, 94 dei quali sono "incorporati" nei suoi microchip (Ball, 2004). Quindi la costruzione di un computer richiede una quantità di energia otto volte minore di quella necessaria per costruire un'automobile, ma bisogna tener presente che un'auto viene rottamata in media dopo circa dieci anni e un computer dopo due anni soltanto. Rottamare, particolarmente nel caso di apparecchiature ad alto contenuto tecnologico, è un'operazione molto onerosa dal punto di vista energetico, anche perché altra energia va consumata nella fase stessa di rottamazione.

Il discorso si può ampliare a tutte le risorse necessarie per costruire i dispositivi e le macchine di cui facciamo uso e anche ai danni ambientali e sociali derivanti dai processi di lavorazione e dall'uso. Un computer pesa pochi chili, ma per costruirlo sono necessarie 1,7 tonnellate di materiali vari (per la maggior parte, acqua). La spazzatura tecnologica (computer, monitor, televisori, telefonini, palmari e tutto quanto è riassunto nell'inglese *e-waste*) costituisce un problema

in molti Paesi. Si stima che in America ogni anno vengano mandate in pensione due milioni di tonnellate di materiale elettronico: appena il 13% viene riciclato, il 27% finisce in discariche a cielo aperto, il 46% messo in soffitta in attesa di essere gettato, e il 13% rivenduto su siti di aste on-line (Coggiola, 2005). Gran parte della spazzatura tecnologica del mondo occidentale finisce poi nelle discariche di alcuni Paesi asiatici (India, Pakistan, Cina) dove migliaia di disperati, collegati a piccole industrie, estraggono

con le mani nude tutto quanto è possibile riciclare, in condizioni di lavoro spesso allucinanti.

Quanto alle auto, è stato calcolato che se si tenessero in conto tutti i danni ambientali e sociali causati dal loro uso, il costo effettivo sarebbe da 10 a 20 volte superiore a quello annualmente sostenuto dal proprietario; basti pensare che dal 1900 a oggi il numero di americani morti in incidenti stradali è più del doppio di quello degli americani uccisi in tutte le guerre (Heinberg, 2004).

Poiché ogni attività umana richiede il consumo di risorse che sono disponibili in quantità finita (superficie terrestre, acqua, combustibili fossili, minerali, metalli eccetera) è chiaro che più se ne consumano oggi, meno ne resteranno domani. Quindi ogni tipo di crescita, anche quella economica, ha un

limite, contrariamente al pensiero che ispira gli economisti di stretta osservanza ultraliberista. Tale limite, in ultima analisi, è quello imposto da quella che possiamo definire la Legge delle Leggi: il Secondo Principio della Termodinamica.

Esso afferma che in ogni trasformazione dell'energia una parte del patrimonio energetico iniziale va inesorabilmente perduto in calore e non potrà mai essere più recuperato per fini utili. Ad esempio l'energia potente e compatta contenuta nella benzina del serbatoio di un'auto viene trasformata (non distrutta!) in calore attraverso l'attrito del veicolo con l'aria e con la strada, oltre che in quello delle parti meccaniche del motore. Nessuno potrà mai più utilizzare tutta quella energia termica "sparpagliata" in modo così disordinato per ottenerne qualsivoglia lavoro utile.

Anche la produzione di cibo richiede molta energia (Appenzeller, 2004; Smil, 2000). Per far crescere una mucca (5 quintali) è necessario utilizzare 3500 litri di petrolio, se si considera tutto l'investimento energetico messo in opera in una fattoria, dai fertilizzanti alle macchine. Questo significa che per produrre 1 kg di carne di vitello (che dà a chi lo mangia circa 1000 kcal, cioè circa 1,2 kWh, di energia) occorrono 7 litri di petrolio. Quindi, tenuto conto che un litro di petrolio corrisponde a circa 1 kWh, mangiando 1 kg di carne è come che se mangiassimo 7 kWh di energia, ovvero l'equivalente di circa venti giornate lavorative di otto ore di una persona. Per altri prodotti dell'agricoltura il rapporto fra energia contenuta ed energia consumata per produrlo è ancora più sfavorevole. Ci possiamo permettere questo deficit energetico solo perché il prezzo dell'energia oggi è molto basso.

Non diventare schiavi degli schiavi

In base a calcoli come quelli sopra riportati si può stimare che in media ogni cittadino americano, per l'energia che consuma, è come se avesse a disposizione 24 ore su 24 un centinaio di "schiavi energetici". Per un cittadino italiano, che in media usa un terzo dell'energia usata da un americano, il numero degli "schiavi energetici" perennemente a disposizione è di circa trenta, un lusso che non si poteva permettere neppure un principe del Rinascimento.

Di questi trenta nostri schiavi energetici, dodici hanno il compito di soddisfare i nostri fabbisogni elettrici: la lavatrice, la TV, lo stereo, l'aspirapolvere e la lampada abbronzante. Ai prezzi attuali dell'energia elettrica (circa 6 centesimi di euro al kWh) una giornata lavorativa (dieci ore) di tutti questi dodici "schiavi elettrici" costa 0,86 euro, pari a un salario giornaliero, per ogni schiavo, di 0,07 euro, circa 200 volte minore di quello che si dovrebbe corrispondere a un operaio. Riflettiamo su queste cifre prima di lamentarci dei prezzi "troppo alti" dell'energia. Tutto questo, piuttosto, ci può dare una misura di quanta energia consumiamo noi cittadini dei Paesi ricchi e ci fa capire che, a causa del suo bassissimo



Paul Gauguin, Contadine bretoni, 1894, olio su tela, Musée d'Orsay, Parigi, dono di Max e Rosy Kaganovitch, 1973, (particolare).

costo, l'energia viene usata anche quando non ce ne sarebbe bisogno: viene, cioè, sprecata. Siamo dunque abituati ad avere decine di "schiavi energetici" al nostro servizio che ci permettono di vivere senza fatica nella comodità e nel lusso; ma non dobbiamo illuderci di poter continuare all'infinito in questa condizione di privilegio. I nostri "schiavi energetici" non sono eterni, causano danni all'ambiente, sono contesi dalle nazioni con tutti i mezzi, compresa la guerra e, soprattutto, non saranno loro a risolvere i problemi dell'umanità. Se continueremo a usarli rinunciando a esercitare le doti più alte che caratterizzano l'uomo, l'intelligenza e lo spirito di fratellanza, diventeremo (in parte lo siamo già) loro schiavi e andremo incontro a crescenti problemi ambientali e sociali, sia su scala nazionale che internazionale. La situazione moralmente intollerabile delle troppo diverse "classi" in cui viaggiano gli abitanti dell'astronave Terra riflette, in ultima analisi, la profonda differenza nella disponibilità di energia da parte degli abitanti del pianeta. La grande disuguaglianza fra le condizioni di vita delle popolazioni ricche del Nord e quelle povere del Sud del mondo e l'incapacità del modello di sviluppo capitalistico, attualmente in atto, di ridurre queste differenze costituiscono le principali ragioni di destabilizzazione del nostro mondo, che sono guerra e terrorismo ancor prima delle crisi energetica e ambientale. Non è detto, peraltro, che un impegno verso un'esistenza a più bassi consumi energetici sia necessariamente un sacrificio o un danno. Tenere spenta ogni tanto la TV e scegliere di leggere un buon libro, anziché abbruttirsi davanti a un reality show, comporta un beneficio intellettuale e spirituale oltre che un risparmio energetico. Non va dimenticato poi che le comodità della civiltà energetica stanno ritorcendosi contro di noi in maniera impressionante. Nei Paesi ricchi la diminuzione diffusa dell'attività fisica, appaltata in modo crescente a "schiavi energetici" a buon mercato, e la grande disponibilità di cibo, resa possibile dai bassi costi dell'energia, causano un notevole incremento del numero delle persone sovrappeso e obese, con conseguente aumento di patologie quali diabete, disturbi

cardiocircolatori e cancro, con elevatissimi costi umani ed economici.

Una sfida ineludibile

La transizione energetica verso la civiltà dell'energia solare, già profetizzata da Giacomo Ciamician quasi un secolo fa (Ciamician, 1912), sarà molto lunga e complessa. Non esistono scorciatoie o ricette magiche per raggiungere questo ambizioso, ma ineludibile traguardo. L'era dei combustibili fossili, che tante opportunità ha offerto a noi abitanti dei Paesi ricchi, finirà per essere una breve parentesi della storia. Oggi abbiamo ancora sufficienti scorte di queste risorse *una tantum* per progettare un'uscita non troppo traumatica da quest'era per tanti versi entusiasmante. Occorre però cominciare, senza perdere altro tempo, a progettare il nostro futuro energetico sulla base di una "riforma strutturale": il progressivo abbandono dei combustibili fossili per favorire il graduale passaggio all'unica energia davvero abbondante, inesauribile e il cui uso non mette a rischio l'integrità della biosfera, quella del Sole nelle sue varie forme. In questa partita ognuno di noi ha il suo compito. Primo fra tutti quello di eleggere politici all'altezza di questa sfida ambiziosa ma non impossibile. Tutti siamo corresponsabili di quello che verrà. L'alternativa alla messa in atto di questo processo sarà un mondo sempre più inquieto, instabile e ingiusto, alla disperata ricerca di fonti energetiche convenzionali da sfruttare, prima che la festa dell'energia *una tantum* e a basso costo finisca per sempre. ●

Come si misura l'energia

Unità di misura ufficiale: *joule* (J)

Unità di misura pratiche:

chilocaloria, kcal ($1 \text{ kcal} = 4,18 \times 10^3 \text{ J}$);

chilowattora, kWh ($1 \text{ kWh} = 3,6 \times 10^6 \text{ J}$).

Per stilare bilanci energetici a livello mondiale e rendere confrontabili le diverse fonti si utilizzano anche: *tep* (tonnellata equivalente di petrolio), cioè l'energia termica sviluppata dalla combustione completa di una tonnellata di petrolio; *barile*, cioè l'energia sviluppata dalla combustione di 159 litri di petrolio.
 $1 \text{ tep} = 10 \text{ milioni di kcal} = 4,18 \times 10^{10}$
 $\text{J} = \text{circa } 7,5 \text{ barili di petrolio.}$

Bibliografia

- Appenzeller T., *Il fondo del barile*, National Geographic, giugno 2004, pp. 68-97.
- Armaroli N. e Balzani V., *Energia oggi e domani: prospettive, sfide, speranze*, Bononia University Press, Bologna, 2004.
- Ball P., "Heavy Computing", in *Nature Materials*, 3, 2004, p. 287.
- Calle E.E. e Thun M.J., "Obesity and Cancer", in *Oncogene*, 23, 2004, pp. 6365-6378.
- Ciamician G., "The Photochemistry of the Future", in *Science*, 36, 1912, pp. 385-394.
- Coggiola M.G., "Asia, la discarica mondiale dei computer", in *Repubblica-Affari e Finanza*, 14 febbraio 2005, p. 24.
- Degli Espinosa P. e Tiezzi E., *I limiti dell'energia*, Garzanti, Milano, 1987.
- Fontaine K.R., Redden D.T., Wang C.X., Westfall A.O., Allison D.B., "Years of Life Lost Due to Obesity", in *Jama-Journal of the American Medical Association*, 289, 2003, pp. 187-193.
- Giannini A., "Diabete: l'epidemia prossima ventura", in *Le Scienze*, agosto 2004, p. 12.
- Hall C., Tharakan P., Hallock J., Cleveland C., Jefferson M., "Hydrocarbons and the Evolution of Human Culture", in *Nature*, 426, 2003, pp. 318-322.
- Heinberg R., *La festa è finita*, Fazi Editore, Roma, 2004.
- La Valle R., *Prima che l'amore finisca*, Ponte alle Grazie, Milano, 2003.
- La Valle R., *Un nuovo pacifismo*, in *Notiziario Associazione "Beati i costruttori di pace"*, settembre 2002, pp. 4-7.
- Mokdad A.H., Bowman B.A., Ford E.S., Vinicor F., Marks J.S., Koplan J.P., "The Continuing Epidemics of Obesity and Diabetes in the United States", in *Jama-Journal of the American Medical Association*, 286, 2001, pp. 1195-1200.
- Roberts P., *Dopo il petrolio. Sull'orlo di un mondo pericoloso*, Einaudi, Torino, 2005.
- Smil V., *Storia dell'energia*, Il Mulino, Bologna, 2000.
- Smil V., *Energy at the Crossroads*, MIT Press, Cambridge, MA, 2003.
- Tiezzi E. e Marchettini N., *Che cos'è lo sviluppo sostenibile? Le basi scientifiche della sostenibilità e i guasti del pensiero unico*, Donzelli Editore, Roma, 1999.
- Turner J.A., "A Realizable Renewable Energy Future", in *Science*, 285, 1999, p. 1493.