



Nicola Armaroli  
Istituto ISOF - CNR  
Bologna  
armaroli@isof.cnr.it  
Vincenzo Balzani  
Dipartimento di Chimica  
"Giacomo Ciamician"  
Università di Bologna  
vincenzo.balzani@unibo.it

## LA CRISI ENERGETICA: SFIDA ED OPPORTUNITÀ

**Per garantire un futuro all'umanità è necessario svincolarsi progressivamente** dall'uso dei combustibili fossili ed utilizzare l'energia che arriva con continuità dal sole. Si tratta di una grande sfida che dobbiamo affrontare al più presto. Vincerla non è impossibile e può anche diventare un'opportunità.

### La fine dell'era dei combustibili fossili a buon mercato

**G**iacomo Ciamician, professore di Chimica all'Università di Bologna dal 1889 al 1922, è stato un ricercatore di grande talento; a tutt'oggi è considerato il padre della fotochimica, la scienza che studia i processi chimici indotti dalla luce. Nel 1912, in una famosa conferenza dal titolo "La fotochimica del futuro" tenuta negli Stati Uniti, Ciamician affrontò il problema della conversione dell'energia solare pronunciando, fra l'altro, queste parole che ancor oggi colpiscono per la loro profetica lucidità

(*Science*, 1912, **36**, 385): "L'energia dei combustibili fossili è davvero l'unica che può soddisfare i bisogni della nostra vita moderna e della nostra civiltà? No, il problema fondamentale è riuscire a fissare l'energia solare attraverso opportuni processi chimici [...] Se la nostra civiltà nera e nervosa, basata sul carbone, sarà seguita da una civiltà più tranquilla, basata sull'utilizzo dell'energia solare, non ne verrà certo un danno al progresso e alla felicità umana."

La necessità di cambiare la fonte principale di approvvigionamento di energia, già preconizzata da Ciamician, è oggi impellente. L'era dei combustibili fossili, che

tanto ha migliorato la vita di una parte (piccola) dell'umanità, non può continuare all'infinito; il momento in cui la produzione di petrolio e gas raggiungeranno un picco per poi declinare si avvicina inesorabilmente. La "nervosità", l'inquietudine della nostra civiltà, che già Ciamician notava, è oggi accresciuta di fronte a problemi che appaiono ormai troppo complessi per essere governati: la crescente disuguaglianza nella distribuzione del benessere, l'aumento della popolazione, l'inquinamento della biosfera, l'impoverimento delle risorse naturali e le guerre per il loro accaparramento.

## Costa molto l'energia?

È molto utile e comodo poter disporre di energia. L'energia elettrica, che entra nelle nostre case in modo continuo, preciso, pulito e silenzioso, ci permette di accendere le luci e di far funzionare decine di dispositivi che rendono la nostra vita meno faticosa, più facile e più piacevole. Il gas, che entra anch'esso nelle nostre case in modo continuo, pulito e silenzioso, alimenta i nostri fornelli e le nostre caldaie rendendo facile la cottura dei cibi e molto efficiente il riscaldamento degli ambienti. La benzina, che possiamo immagazzinare nel serbatoio della nostra auto, ci permette di viaggiare soli o in compagnia, con grande flessibilità e libertà.

Per meglio capire la situazione di privilegio in cui ci colloca la disponibilità di energia a basso prezzo 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. 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 una attività continuativa non riesce a sviluppare una potenza superiore a circa 50 W. Per tenere acceso un televisore, che richiede una potenza di circa 80 W, sarebbe quindi necessario il lavoro continuativo di una persona e mezzo. Per far funzionare una lavatrice (circa 0,8 kWh per un lavaggio a 60 °C) ci vorrebbe il lavoro di una quindicina persone per un'ora. 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 1.600 persone.

Anche la produzione di cibo richiede molta energia. Per far crescere una mucca (5 quintali) è necessario utilizzare 3.500 litri di petrolio se si considera tutto l'investimento

energetico messo in opera in una fattoria, dai fertilizzanti alle macchine; il che significa che ogni chilo di un capo bovino "vale" 70 kWh di energia, ovvero l'equivalente di circa 200 giornate lavorative di 8 ore di una persona. Per altri prodotti dell'agricoltura il rapporto fra energia contenuta ed energia consumata per produrli è ancor più sfavorevole. Ci possiamo permettere questo deficit energetico solo perché il prezzo dell'energia oggi è basso. Del resto un litro di benzina, pur con i prezzi "alle stelle" e un peso fiscale di quasi il 70%, ci costa molto meno di una bottiglia di acqua minerale in trattoria.

In base a calcoli di questo tipo 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 30, un lusso che non si poteva permettere neppure un principe del Rinascimento. Di questi 30 nostri schiavi 12 hanno il compito di far funzionare la lavatrice, la TV, lo stereo, l'aspirapolvere e la lampada abbronzante. Ai prezzi attuali dell'energia elettrica (circa 8 centesimi di euro al kWh), la massacrante giornata lavorativa (10 ore) di questi 12 "schiavi elettrici" costa 0,48 euro, pari ad un salario giornaliero, per ogni schiavo, di 0,04 euro, desolatamente più basso di qualsiasi minimo sindacale. 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 sviluppati e ci fa capire che, a causa del suo bassissimo costo, l'energia viene usata anche quando non ce ne sarebbe bisogno: viene, cioè, sprecata.

## Un intreccio di problemi

I problemi relativi alla popolazione, all'energia e all'ambiente sono fortemente intrecciati. Sull'astronave Terra il numero di "passeggeri" sta aumentando e quelli che già vi si trovano sono collocati in "classi" molto, troppo diverse. Tutti i passeggeri vogliono avere più energia: molti, per un bisogno effettivo, collegato alla necessità di sviluppo delle loro nazioni povere e tecnologica-



mente arretrate; altri, invece, nei Paesi più ricchi e più progrediti, per sostenere e, se possibile, aumentare ancora lo spreco al quale sono stati abituati fin dalla nascita: un americano consuma energia come 2 Europei, 10 Cinesi, 15 Indiani e 30 Africani. Nel contempo, è necessario 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 e al clima.

Come si possono risolvere questi problemi? Come si può, allo stesso tempo, colmare le disuguaglianze che minacciano la pace, soddisfare le esigenze di chi è abituato al lusso ed anche allo spreco, far fronte alla limitata disponibilità di combustibili fossili ed evitare i danni causati alla biosfera dal loro uso? Ci attende una grande sfida: dobbiamo al più presto affrontarla, prima che siano eventi fisici ingovernabili o dinamiche politiche e sociali basate sulla violenza a portare l'umanità verso un futu-

ro tragico. Non è una sfida impossibile, e può anche diventare un'opportunità.

Il primo mito da sfatare è che la qualità della vita aumenti parallelamente alla quantità di energia che si può consumare. Questo è vero nei Paesi poveri, ma non per le nazioni ricche, dove semmai accade il contrario: al di sopra di una certa soglia, un consumo eccessivo di cibo e carburante porta ad inefficienza nella vita personale (obesità) e in quella sociale (ingorghi stradali). Le crisi energetiche delle nazioni ricche, quindi, andrebbero anzitutto affrontate con il risparmio e con l'aumento nell'efficienza energetica, non con la costruzione di impianti per produrre più energia. Chi ha veramente bisogno di energia sono i miliardi di persone che vivono nei paesi in via di sviluppo o non sviluppati, e non noi.

### Due possibili soluzioni

Il mondo consuma energia al ritmo di circa  $4,1 \times 10^{20}$  joule/anno, equivalenti ad una

potenza media dispiegata di 13 mila miliardi di watt, o 13 terawatt (TW), per oltre l'80% sotto forma di petrolio, gas e carbone. Le soluzioni possibili per far fronte alla scarsità di combustibili fossili e alla necessità di limitarne l'uso per non causare danni gravi alla salute dell'uomo e all'ambiente sono sostanzialmente due: l'energia solare nelle sue molteplici forme (ivi incluso il vento, le biomasse, l'energia idraulica, ecc.) e l'energia nucleare. Queste due soluzioni sono completamente diverse non solo dal punto di vista tecnico, ma anche dal punto di vista sociale e politico.

L'energia nucleare ottenuta con la tecnologia attualmente disponibile (fissione) non è né pulita né inesauribile. Inoltre, è una forma di energia molto concentrata che deve essere prodotta sotto stretto controllo tecnico, politico e militare a causa degli alti investimenti finanziari, i possibili incidenti, la difficoltà di mettere in sicurezza le scorie radioattive, la proliferazione della armi nucleari, il traffico di materiale radioattivo e i conseguenti pericoli legati al terrorismo. Lo sviluppo dell'energia nucleare, inoltre, aumenterebbe le disuguaglianze fra le varie nazioni, ci costringerebbe a vivere in un mondo più fragile e lascerebbe alle future generazioni un fardello, certamente non gradito, di scorie radioattive. Per produrre i 10 TW di energia che attualmente vengono ottenuti dai combustibili fossili sarebbero necessari 10.000 impianti nucleari da 1 GW. Costruendone uno al giorno, ci vorrebbero 27 anni: un'ipotesi del tutto irrealistica. E anche inefficace, dato che il consumo elettrico è meno del 20% del consumo energetico totale.

Il Sole riversa sulla Terra 120.000 TW di radiazioni elettromagnetiche. L'energia solare è una forma di energia primaria gratuita, abbondante, inesauribile e non inqui-





nante, ma non può essere usata come tale: deve essere trasformata in altre forme di energia con diverse tecnologie, alcune delle quali sono semplici e ormai mature, altre più sofisticate e ancora in corso di studio. Per produrre 10 TW di energia elettrica, occorrerebbe raccogliere e convertire col 10% di efficienza l'energia solare che cade sullo 0,08% della superficie terrestre. Essendo una forma di energia non concentrata e diffusa su tutta la Terra, l'energia solare è sostanzialmente innocua, si presta difficilmente per usi militari, non favorisce lo spreco, è adatta a ridurre le disuguaglianze, il suo uso non lascia indesiderate eredità alle future generazioni.

Per quanto riguarda il nostro Paese, a tutti i problemi sopra elencati si aggiungono alcune caratteristiche specifiche che rendono oggettivamente inopportuna la costruzione di impianti nucleari (grande densità di popolazione, dissesto idrogeolo-

gico, conformazione e sismicità del territorio, impossibilità di trovare siti adatti per il deposito delle scorie) e, viceversa, auspicabile lo sviluppo dell'energia solare (alta intensità dell'insolazione, investimenti economici diffusi). In ogni caso dobbiamo ricordare che ogni attività umana, compreso l'uso dell'energia solare, richiede il consumo di risorse (superficie terrestre, acqua, minerali, metalli, ecc.) e deve essere chiaro che più risorse si 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.

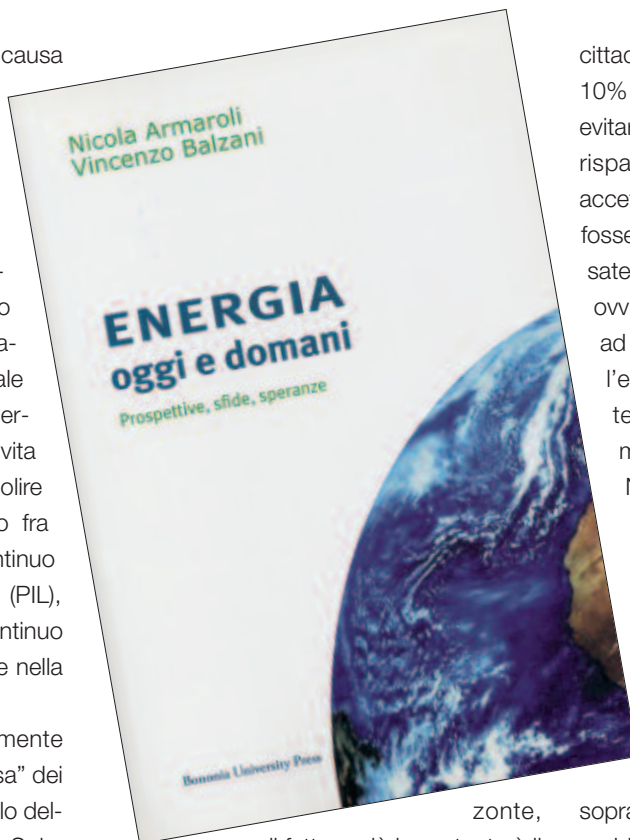
### La transizione energetica

Per assicurare un futuro all'umanità è dunque necessario svincolarsi progressivamente dall'uso dei combustibili fossili ed utilizzare l'energia che ci viene con conti-

nuità dal sole. Bisogna rendersi conto che la transizione sarà lenta anzitutto per motivi tecnici ed economici: il costo dei combustibili fossili rimane relativamente basso, ci sono ancora considerevoli riserve disponibili e c'è una complessa struttura operativa di miniere, pozzi, oleodotti, gasdotti, petroliere, raffinerie e veicoli che non sarà semplice sostituire anche per gli interessi economici connessi. La transizione sarà lenta anche per motivi politici e sociali: ci vorrà molto tempo, infatti, prima che l'opinione pubblica prenda coscienza dei danni causati dall'uso dei combustibili fossili e prima che i governi, una volta considerati i costi sanitari ed economici indiretti che ricadono sulla società in seguito all'uso dell'energia (le cosiddette esternalità), intervengano con opportune politiche di incentivi e disincentivi. Approfittando del tempo disponibile, prima che siano causati danni irreparabili all'ambiente e prima che

si giunga ad una crisi energetica a causa della diminuzione delle risorse tradizionali, è necessario eliminare gli sprechi, migliorare l'efficienza nell'uso dell'energia e procedere allo sviluppo di tecnologie basate sull'energia solare e le altre fonti rinnovabili. Contestualmente ad un vasto piano di ricerca e sviluppo, è però necessaria un'opera efficace in campo sociale e politico per frenare gli aspetti più apertamente consumistici dello stile di vita dei Paesi sviluppati e anche per demolire alcuni tabù degli economisti, primo fra tutti quello della necessità di un continuo aumento del prodotto interno lordo (PIL), che in ultima analisi significa un continuo aumento nel consumo delle risorse e nella produzione di rifiuti.

L'umanità, quindi, dovrà gradualmente abbandonare l'uso dell'energia "densa" dei combustibili fossili ed abituarsi a quello dell'energia "diluita" che ci arriva dal Sole. 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 piccole zone del pianeta: sarà diffusa sui nostri tetti e nelle nostre campagne, non sarà più posseduta da poche nazioni, sarà di tutti. Quindi, non dovrebbe più essere motivo di guerre e obiettivo di atti terroristici. Nel frattempo, per uscire gradualmente e senza grandi traumi dalla crisi energetica ed ecologica che si affaccia al nostro oriz-



zonte, il fattore più importante è il risparmio energetico, un concetto che deve essere ben spiegato a tutti i cittadini dei Paesi sviluppati e deve diventare il primo impegno di coloro che hanno responsabilità amministrative. Non si può certo dire che l'Italia sia all'avanguardia in questo campo. Dopo il black out farsesco del 28 settembre 2003, e anche più recentemente, molti ministri e parlamentari hanno dichiarato che è necessaria la costruzione di nuove centrali, persino nucleari. Praticamente nessuno, ha detto che sarebbe più saggio ed efficace risparmiare energia. Eppure basterebbe che ogni

cittadino italiano riducesse di appena il 10% il suo consumo di energia elettrica per evitare qualsiasi pericolo di black out. Ma il risparmio energetico, che le persone accetterebbero volentieri di praticare se fossero invitate a farlo con motivazioni sensate da persone in cui hanno fiducia, ovviamente non piace a chi ha interesse ad importare, a vendere e a distribuire l'energia. Il risparmio energetico è un termine che sembra censurato nei mezzi di comunicazione di massa.

Noi cittadini dei Paesi ricchi, abituati ad avere decine di "schiavi energetici" al nostro servizio che ci permettono di vivere senza fatica nella comodità e nel lusso, non dobbiamo illuderci di poter continuare all'infinito in questa condizione di privilegio. I nostri "schiavi energetici" non sono eterni, causano danni e, soprattutto, non saranno loro a risolvere i problemi dell'umanità. Se continueremo ad usarli rinunciando ad 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. L'umanità non può permettersi di continuare a rinviare *sine die* scelte coraggiose e lungimiranti in campo energetico.

Per un approfondimento: "Energia Oggi e Domani - Prospettive, sfide, speranze" di Nicola Armaroli e Vincenzo Balzani, Bononia University Press, 2004.

## Energy Crisis: Challenges and Opportunities

ABSTRACT 

*In order to guarantee a future to mankind it is necessary to progressively replace fossil fuels with solar energy. It is a great challenge for several reasons related to the present organization of our society. Passing from the intensive use of fossil fuels to the use of the abundant, inexhaustible, dilute, and cost free energy sources provided by the sun can be an opportunity to build a happier society and a more peaceful world.*