

Jeremy Rifkin *con* la collaborazione di Ted Howard

Entropia

Postfazione di Nicholas **Georgescu-Roegen**

Traduzione di Guglielmo Gregorio

Baldini Castoldi Dalai *editore*

Traduzione dall'americano
di Guglielmo Gregorio

Publicato per la prima volta negli Stati Uniti con il titolo «Entropy»
da Jeremy Rifkin con la collaborazione di Ted Howard

Titolo originale dell'edizione aggiornata:
«Entropy. Into the Greenhouse World»

© 1980, 1989 Foundation on Economic Trends
All rights reserved
Published by arrangement with Viking Penguin,
a division of Penguin Putnam Inc.

© 2000 Baldini&Castoldi s.r.l.
Milano

© 2004 Baldini Castoldi Dalai editore S.p.A.
Milano

ISBN 88-8490-445-5

Indice

Nota dell'autore	7
I Greci e le cinque età della storia: cicli e decadenza	32
La legge dell'entropia	56
Cosmologia e secondo principio	71
Tempo, metafisica, entropia	74
La vita e il secondo principio	78
Storia e spartiacque entropici	88
L'ultimo grande spartiacque energetico	96
La tecnologia	106
La redditività della tecnologia è in declino	113
Sviluppo delle istituzioni	116
La specializzazione	121
Visioni del mondo e ambienti energetici	124
La crisi energetica	128
La fissione nucleare	134
La fusione nucleare	141
I minerali	145
L'economia	151
L'agricoltura	172
I trasporti	178
L'urbanizzazione	187
La difesa	199
L'istruzione	208

La salute	229
Effetto serra: l'età della transizione	241
Una nuova infrastruttura per l'era solare	253
Lo sviluppo del Terzo Mondo	268
Ridistribuzione della ricchezza nazionale	276
Valori e istituzioni in una società entropica	279
Riformulare la scienza	302
Una seconda riforma cristiana	312
Come affrontare la crisi entropica	321
Dalla disperazione alla speranza	335
Poscritto	345
Postfazione	351
30.Ibid.,	p. 11.
	365
Ibid., pp. 68-69.	381
Friends of the Earth, San Francisco 1978.	392
44.	Ibid.
	392
45.Fonte: «Resources for the Future», Washington D.C., giugno 1979.	392
Bibliografia	398

A Nicholas Georgescu-Roegen, maestro e profeta

Contributi speciali alla stesura: Noreen Banks e Dan Smith.

Un particolare ringraziamento a Marilyn McDonald e Jeffrey Apter per il loro aiuto nella preparazione del manoscritto.

La nostra riconoscenza va anche ai contributi di Jenny Speicher e Randy Barber della Commissione affari sociali.

Un grazie speciale per Alan D. Williams, nostro redattore presso la Viking Press, la cui fiducia nell'importanza di questo libro è stata fonte continua di incoraggiamento.

Vogliamo infine ringraziare Leslie Meredith della Bantham Books per aver curato questa seconda edizione di *Entropia*, come pure Elissa Ditrio, Alyce Camille Richardson e Mary Pawa per l'aiuto prestato alla pubblicazione.

Nota dell'autore

La civiltà industriale sta rapidamente esaurendo le riserve di combustibili fossili non rinnovabili che mettono in moto e alimentano le macchine della nostra economia e del nostro moderno stile di vita. Nello stesso tempo la massa di combustibili fossili che è stata bruciata finora ha dato luogo al riscaldamento dell'atmosfera terrestre fino al punto da mettere in pericolo la nostra stessa sopravvivenza. La crisi energetica che si prospetta e il relativo effetto serra globale sono i prezzi che l'umanità è ora obbligata a pagare per non aver ascoltato gli imperativi dell'entropia.

Per una civiltà che si è nutrita della concezione modernista di un futuro senza limitazioni fisiche e di un mondo senza confini materiali, le verità delle leggi entropiche appariranno dapprima riduttive e in definitiva deprimenti. Il motivo è che queste leggi delineano dei limiti fisici invalicabili entro i quali siamo costretti a operare, ma se continueremo a ignorare la loro esistenza e il loro ruolo nel definire il contesto generale in cui si dispiega il nostro mondo fisico, lo faremo a rischio della nostra stessa estinzione.

A lettura ultimata qualcuno resterà ancora scettico sull'esistenza di limiti fisici all'agire umano sulla terra. Qualcun altro ne sarà invece convinto e penserà, disperato, che le leggi entropiche siano una gigantesca prigione cosmica senza vie d'uscita.

Vi saranno infine quelli che individueranno in esse la verità che ci rende liberi.

Il primo gruppo di persone continuerà a sostenere i paradigmi attualmente in uso per la gestione del mondo. I secondi resteranno privi di una visione del mondo. I terzi saranno i precursori di una nuova era.

Parte prima

Visioni del mondo

Nel mondo dell'effetto serra

Anno 2035.

Nella città di New York le palme adornano le rive del fiume Hudson dalla 125° strada fino ai limiti del centro. Negli ultimi tempi grandi dighe sono state costruite attorno a tutta l'isola di Manhattan nel tentativo di tenere a bada le acque del mare in continua risalita.

Phoenix è alla terza settimana in cui la temperatura sale oltre i 50 °C e in città sono già iniziati i lavori per includere il quartiere degli affari in gigantesche strutture ad aria condizionata e adattarsi così al cambiamento del clima.

Il Bangladesh ormai non esiste più. Le piogge torrenziali e le piene dei fiumi hanno ucciso molti milioni di persone, il resto della popolazione si è disperso nelle terre più alte del Pakistan e dell'India dove i profughi si accampano in fatiscenti campi per rifugiati.

Il deserto si impossessa di larghe aree dell'Europa centrale e del Midwest americano. Decenni di siccità hanno scorticato i terreni trasformando in deserti riarsi quelle che furono fertili terre agricole.

Decine di milioni di persone continuano a spostarsi verso il nord, a latitudini più alte, costituendo la più grande migrazione di massa di intere popolazioni che mai si sia vista nella storia. Intere nazioni vedono calare drasticamente la popolazione sfinita dalla fame durante le sempre più prolungate siccità.

Il Canada sta diventando sovraffollato, la sua popolazione si è gonfiata da 25 a 80 milioni di abitanti in meno di quattro decenni.

Gli incendi delle foreste dilagano, ormai da mesi, senza alcun controllo per milioni di ettari di parchi nazionali. Il lungo periodo ininterrotto di mancanza d'acqua ha ridotto la regione

delle cascate nel Nordovest degli Stati Uniti a un unico gigantesco covo di focolai.

Per la prima volta in questo secolo il corso medio del Mississippi ha dovuto essere chiuso al traffico commerciale. Nei mesi estivi gran parte del fiume in Illinois e in Missouri si asciuga dando luogo a grandi estensioni fangose tanto che si riesce ad attraversarlo a piedi» cosa mai successa in precedenza.

Lo strato di ozono continua ad assottigliarsi causando una pandemia di morti per cancro. Centinaia di milioni di persone si trovano esposte a livelli pericolosi di radiazioni ultraviolette che compromettono il loro sistema immunitario e altri milioni diventano vulnerabili a una serie di nuove strane malattie germogliate sui guasti irreparabili e lo sradicamento dell'intero ecosistema su tutto il pianeta.

Benvenuti nel mondo dell'effetto serra del Ventunesimo secolo.

Fin dalla metà degli anni Settanta, i climatologi e gli scienziati dell'ambiente, incontrandosi nei loro congressi qua e là per il mondo studiavano le modificazioni del quadro climatico della Terra, tracciavano gli andamenti delle precipitazioni e dei venti, analizzavano campioni d'aria e di acqua, compilavano tabelle di dati e costruivano complicati modelli di simulazione al computer. Quali conclusioni traevano?

Il pianeta sta entrando nelle prime fasi di un significativo cambiamento climatico, una tendenza al riscaldamento globale di prospettiva così ampia da poter influenzare tutta la vita dalle fondamenta, dai microbi all'uomo, in meno di un secolo. E, cosa ancor più grave, questo radicale cambiamento dell'atmosfera terrestre non è il risultato dell'agire di forze naturali ma piuttosto dell'esperienza umana. Per la prima volta l'umanità è riuscita ad alterare il clima naturale della Terra modificando le dinamiche degli ecosistemi e le prospettive di abitabilità per centinaia di anni a venire.

L'effetto serra è un processo semplice che ha conseguenze complesse e imprevedibili. L'anidride carbonica e gli altri gas

atmosferici permettono alla radiazione solare di penetrare nell'atmosfera, la superficie terrestre assorbe gran parte dell'energia solare trasformandola in calore o energia infrarossa, i raggi infrarossi risalgono dalla superficie e bombardano l'anidride carbonica e altri gas atmosferici inducendo vibrazioni molecolari. Le molecole gassose si comportano quindi come riflettori e rinviano una parte del calore verso il suolo creando un effetto termico. L'effetto serra è una proprietà essenziale dell'atmosfera che ha dato luogo a una fascia di temperature moderate permettendo il nascere della vita sul pianeta. La naturale serra protettiva ha subito poche modifiche attraverso i milioni d'anni della storia.

Con l'avvento dell'era industriale, verso la metà del Diciottesimo secolo, la combustione di enormi quantità di combustibili fossili ha provocato un forte aumento dell'anidride carbonica (CO_2) nell'atmosfera, bloccando la possibilità di rinviare il calore in eccesso da parte della superficie terrestre. Come risultato si è avuto un vistoso surriscaldamento globale, senza precedenti nella storia geologica. Nel 1750 l'atmosfera terrestre conteneva circa 280 ppm (parti per milione) di CO_2 , oggi ne contiene 346 ppm. Nell'arco degli ultimi 128 anni, dal 1860, i Paesi industrializzati hanno liberato nell'atmosfera più di 185 miliardi di tonnellate di carbonio proveniente da combustibili fossili. Nello stesso periodo le emissioni di anidride carbonica sono aumentate da 93 milioni di tonnellate all'anno fino a quasi 5 miliardi di tonnellate all'anno. Attualmente gli scienziati prevedono che attorno all'anno 2030 la concentrazione di CO_2 nell'atmosfera sarà raddoppiata provocando un aumento senza precedenti della temperatura globale. Le emissioni di anidride carbonica da combustione di carbone, petrolio e gas naturale contribuiscono per circa la metà all'aumento dell'effetto serra.⁴

I clorofluorocarburi usati nei frigoriferi, nei contenitori di cibi pronti e negli aerosol, sono anch'essi potenti gas serra che influiscono in maniera significativa sul riscaldamento globale. L'attenzione verso i Cfc si è risvegliata negli ultimi pochi anni quando, nel 1985, è stato scoperto un buco nella fascia di

ozono sopra l'Antartide. L'ozono dell'alta atmosfera fornisce uno schermo protettivo essenziale alla vita, perché impedisce che i raggi ultravioletti raggiungano la Terra in quantità eccessiva. I Cfc gassosi diffondono verso l'alta atmosfera dove vengono decomposti dalla radiazione solare rilasciando atomi di cloro che a loro volta decompongono l'ozono.

L'erosione dell'ozono antartico sta peggiorando di anno in anno. I ricercatori hanno registrato una perdita del 50% nel 1985 e del 60% nel 1987 e parlano di un buco la cui area è vasta quanto quella degli Stati Uniti.⁵ Più recentemente 100 tra i più affermati scienziati dell'atmosfera riferivano di una seconda erosione dello schermo di ozono in una fascia intermedia dell'Emisfero Nord.⁶ Vi sono indizi che una terza smagliatura si stia aprendo sull'Artico dove gli scienziati riferiscono di un buco vasto quanto la Groenlandia. La NASA (U.S. National Aeronautics and Space Administration) prevede un impoverimento medio del 10% dello strato di ozono terrestre entro il 2050. L'EPA (Environmental Protection Agency) afferma che un così forte calo dell'azione protettiva dell'ozono causerà 2 milioni di casi di cancro alla pelle in più ogni anno.⁷ L'incremento della radiazione ultravioletta danneggerà anche il sistema immunitario della specie umana, rendendo in tutto il mondo gli uomini più vulnerabili alle malattie infettive. «Non è esagerato affermare che la salute e la sicurezza di milioni di persone al mondo si trova a un livello di rischio», dice Donald Douglas del Natural Resources Defence Council (Comitato per la difesa delle risorse naturali).⁸

Molte specie di piante e di animali sono egualmente vulnerabili all'aumento di radiazione ultravioletta. Il botanico Alan Teramura dell'Università del Maryland ha trovato che i raggi ultravioletti producono danni a cellule e tessuti su due terzi delle duecento specie che ha esaminato.⁹ Secondo Richard Adams dell'Università dell'Oregon, il 15% di riduzione dell'ozono stratosferico entro il 2050 potrebbe causare una perdita di raccolti pari a 2,6 miliardi di dollari nei soli Stati Uniti.¹⁰

L'effetto forse più dannoso della radiazione ultravioletta, osservato al giorno d'oggi, è quello sulla fotosintesi e sul metabolismo del plankton, i microscopici organismi marini che sono alla base delle catene alimentari negli oceani. Uno studio recente ha riferito di gravi effetti sul plankton in Antartide, nel 1987, sollevando la questione della possibilità di sopravvivenza della vita acquatica nel caso che l'esposizione alla radiazione ultravioletta aumenti ulteriormente.¹¹

Secondo l'EPA una maggior esposizione ultravioletta inoltre attacca gli oggetti in plastica, le vernici e altri materiali e potrebbe facilmente portare ad altre perdite per 2 miliardi di dollari all'anno.¹²

I Cfc non solo distruggono l'ozono che fa da schermo ai raggi ultravioletti permettendo loro quindi di penetrare nell'atmosfera e raggiungere la Terra, ma catturano anche il calore che si irraggia dalla superficie terrestre: in effetti i Cfc sono agenti schermanti ancora più potenti della CO₂. Le emissioni di Cfc stanno crescendo con velocità allarmante e contribuiscono in modo significativo all'incremento termico globale.

Il protossido d'azoto in gran parte derivato dai fertilizzanti chimici contribuisce anch'esso all'effetto serra. L'uso massiccio dei fertilizzanti azotati è stato lo strumento che negli ultimi tre decenni ha permesso di aumentare le rese agricole in tutto il mondo, ma, ironia della sorte, gli stessi fertilizzanti che hanno portato ad aumenti mai raggiunti nella produzione di cibo durante la rivoluzione verde, stanno ora alterando il clima delle regioni temperate del globo e mettono in pericolo il futuro di intere aree agricole.

Gli scienziati affermano che le emissioni di protossido d'azoto derivate dall'impiego intensivo di fertilizzanti chimici aumenteranno il riscaldamento globale, entro l'anno 2030, del 10-20% rispetto al livello previsto in base alle emissioni di sola anidride carbonica.¹³

La rivoluzione verde ha aumentato anche la quantità di metano rilasciato nell'atmosfera, con il suo contributo all'aumento di temperatura. Il metano è prodotto dai batteri che

decompongono i materiali organici in ambienti poveri di ossigeno. La maggior parte del metano viene dalle risaie, dal tubo digerente delle vacche e dai depositi di rifiuti. Con lo straordinario aumento della produzione di riso e bestiame per nutrire una popolazione umana in continua espansione, la rivoluzione verde si è trovata ad aumentare il metano nell'atmosfera e la popolazione in crescita a sua volta produce sempre più rifiuti, più discariche e quindi ulteriori emissioni di metano. Per centinaia di anni la quantità di metano rilasciata nell'atmosfera è rimasta relativamente costante. Negli ultimi 350 anni è all'incirca raddoppiata e ora l'aumento va dall'1 al 2% all'anno.¹⁴ Oltre 140 milioni di tonnellate di metano vengono rilasciate ogni anno e i ricercatori prevedono che dal 2030 le emissioni di metano contribuiranno al riscaldamento globale in una misura variabile dal 20 al 40%.¹⁵

Mentre l'anidride carbonica, il Cfc, il protossido d'azoto e il metano bloccano la possibilità di rinviare nello spazio il calore dalla superficie del pianeta, l'effetto serra è ulteriormente esasperato dalle massicce deforestazioni su tutto il globo. Gli alberi assorbono una gran quantità di anidride carbonica. In questi anni la velocità di deforestazione in tutto il mondo è dieci volte la velocità di riforestazione. Secondo il World Resources Institute (Istituto di ricerca sulle risorse mondiali), la velocità di deforestazione è circa 27 milioni di ettari l'anno.¹⁶ La maggior parte ha luogo in Brasile, in Indonesia e in Zaire, dove si trova quasi la metà delle foreste tropicali.

L'inquinamento delle centrali termiche a carbone sta a sua volta decimando le foreste in tutto il mondo. Il carbone bruciando produce anidride solforosa e ossidi d'azoto. Questi gas, una volta liberati nell'atmosfera, danno luogo a piogge acide. Nel 1984 il governo tedesco riferiva che il 50% delle foreste risultava danneggiato dalle piogge acide.¹⁷ In tutta Europa il 14% delle foreste aveva subito danni.¹⁸ In Svizzera, Austria, Finlandia, Lussemburgo, Olanda, Polonia e Cecoslovacchia dal 25 al 50% delle foreste risultava fortemente danneggiato.¹⁹

Le piogge acide stanno distruggendo il suolo e inquinando laghi e corsi d'acqua in tutto il mondo. Aumentando l'acidità di un terreno le sostanze nutritive vengono dilavate e la capacità di produzione agricola viene praticamente distratta. L'acidità del suolo in Svezia sud-occidentale è aumentata 10 volte negli ultimi 60 anni.²⁰ Le risorse del suolo nei Paesi di tutta Europa sono state seriamente compromesse dall'aumento di acidità.

Le piogge acide stanno inoltre decimando la vita acquatica. Negli Stati Uniti le acque dell'Adirondacks hanno subito un visibile calo nella popolazione di pesci a causa dell'aumentata acidità.²¹ Gli scienziati del Fresh Water Institute, in Canada forniscono evidenze allarmanti degli effetti delle piogge acide sulla vita acquatica. Questi ricercatori hanno intenzionalmente acidificato le acque di un laghetto dell'Ontario e hanno trovato che quando il pH scendeva sotto un valore di 5,4 nessuna delle specie presenti era più in grado di riprodursi.²²

Le perdite finanziarie dovute alle piogge acide sono sbalorditive. In Germania gli scienziati fanno stime di 2,4 miliardi di dollari all'anno per parecchi decenni a venire.²³ Le perdite in tutto il mondo già superano annualmente i dieci miliardi di dollari.

Non più di cinquecento anni or sono, la maggior parte del pianeta era coperto di dense foreste. Oggi il globo è stato spogliato, lasciando solo isolate macchie d'alberi ad assorbire una massa incontenibile di CO₂, il cui eccesso viene quindi rigettato nell'atmosfera.

Molti scienziati affermano che se l'andamento attuale di emissioni di anidride carbonica, clorofluoro-carburi, protossido d'azoto, e metano continuasse nei prossimi decenni, la produzione industriale sempre crescente causerà su tutto il globo un aumento di temperatura da 2,8 a 5 °C, o più, in meno di sessant'anni. Per capire l'enormità del cambiamento così calcolato consideriamo che negli ultimi 18-000 anni durante i quali si è sviluppata la civiltà, la temperatura media del globo è cambiata meno di 2 °C.²⁴

Un riscaldamento globale di 2,8-5 °C in appena cinque o sei decenni supererebbe l'intero incremento di temperatura

verificatosi dall'ultima era glaciale. Se sono corrette queste proiezioni scientifiche. La specie umana proverà su di sé lo svolgersi di un'intera era geologica in meno dello spazio di una vita.

Alluvioni e siccità

Fino al 1988 l'effetto serra è rimasto un argomento di interesse esclusivamente scientifico, un soggetto di preoccupata attenzione per i climatologi e gli scienziati dell'ambiente, ma poi per pochi altri. La grande siccità del 1988 nelle zone agricole ha portato quest'argomento fuori dal chiuso delle università e lo ha posto davanti alla pubblica attenzione obbligando i politici a cominciare a occuparsi del problema.

Nel giugno del 1988 James E. Hansen, direttore del Goddard Institute per le ricerche spaziali della NASA lasciò a bocca aperta una commissione del Congresso affermando che noi eravamo ormai entrati nella realtà dell'effetto serra, prima ancora di quanto era stato previsto. Dai rapporti della NASA risultava che «La terra nel 1988 era stata più calda che in qualsiasi anno precedente, da quando erano disponibili misure strumentali. La velocità di riscaldamento globale nei due decenni precedenti era stata maggiore che in qualsiasi altro periodo documentato. I quattro anni più caldi del secolo trascorso si trovano tutti tra gli anni Ottanta. Il riscaldamento globale risulta ora così intenso da poter dedurre con buon grado di confidenza che c'è una chiara correlazione con l'effetto serra.»²⁶ Secondo Hansen, le ondate di calore e siccità nelle regioni del Sudest e Midwest degli Stati Uniti diventeranno sempre più frequenti nei prossimi decenni.²⁷

Nonostante i climatologi non siano tutti d'accordo nell'ascrivere l'attuale ondata di calore all'effetto serra, si trovano invece tutti concordi nel ritenere che siamo alle soglie di un surriscaldamento globale che scardinerà dalle fondamenta gli ecosistemi e l'organizzazione sociale del pianeta e che sarà ben al di là delle possibilità umane controllare o dirigere il

cambiamento. Pochi esempi sono sufficienti a illustrare l'ampiezza della crisi di cui si parla.

Il riscaldamento globale porterà a un'espansione termica dell'acqua dei mari e allo scioglimento di ghiacci nelle regioni polari. I climatologi a questo proposito prevedono una risalita del livello dei mari che potrebbe arrivare fino a 1,5 metri entro il 2050.²⁸ Una risalita di 30-40 centimetri è già allarmante e un **dislivello** di 1,5 metri d'acqua devasterebbe le aree costiere, dove risiede metà della popolazione mondiale, con grandi perdite di habitat e di proprietà. Si calcola che solo proteggere le spiagge della costa orientale degli Stati Uniti nel caso di un metro di risalita del livello oceanico costerebbe da dieci a cento miliardi di dollari.²⁹

L'aumento del livello dei mari devasterebbe la maggior parte delle risorse portuali in tutto il mondo e porterebbe il caos in tutti i sistemi di drenaggio, chiuse e canali. Molti Paesi già da oggi sono preoccupati delle infiltrazioni d'acqua salata nei corsi d'acqua dolce e nelle acque sotterranee, infiltrazioni che contaminano l'acqua potabile di milioni di persone. Il ministero olandese dei lavori pubblici calcola che un metro d'acqua in più renderebbe necessaria una spesa di parecchi miliardi di dollari in riparazioni e manutenzione per rendere sicure le sue fragili infrastrutture costiere.³⁰ Centinaia di grandi porti e migliaia di piccoli in tutto il mondo si trovano di fronte a simili minacce, la spesa mondiale per proteggere i porti di vitale interesse potrebbe superare le centinaia di miliardi di dollari.

La risalita dei mari probabilmente distruggerebbe molte piccole nazioni insulari come le isole Marshall nel Pacifico, le isole dei Caraibi e le Maldive al largo dell'India. «State assistendo a un potenziale problema di rifugiati di dimensioni mai viste», dice Robert Buddeimer del Lawrence Livermore National Laboratory. «Nel passato le persone sono fuggite dalla fame o dalle persecuzioni, ma non sono mai state fisicamente rimosse da un Paese perché questo stava in gran parte scomparendo».³¹

I Paesi con terre basse come l'Egitto risentiranno anch'esse dello shock dell'aumento del livello dei mari. Secondo uno

studio condotto da James Broadus del Wood Hole Oceanographic Institute, l'Egitto potrebbe perdere il 15% del suo terreno arabile lungo il delta del Nilo, e dovrebbe far spostare un settimo della sua popolazione. Una tale massiccia perdita di terre produttive abbasserebbe il prodotto interno lordo in misura incredibile, un calo fino al 14%.³²

C'è da aspettarsi che la risalita del livello dei mari distrugga quel che ancora rimane delle zone umide costiere, paludi saline, stagni e insenature molti dei quali si trovano nelle regioni sudorientali, ai bordi del Golfo del Messico e della costa atlantica. Una ricerca dell'EPA prevede che un aumento del livello del mare di 1,5 metri distruggerebbe fino al 90% delle zone umide americane, un ricco e diversificato complesso di ecosistemi unici al mondo che sono cresciuti indisturbati da molto prima delle epoche storiche fino all'invasione dei coloni europei.³³ Oltre che a enormi perdite in termini economici si andrebbe incontro a un disastro ecologico e paesistico veramente incalcolabile.

L'aumento della temperatura e del livello dei mari, aumenterà anche il numero degli uragani e la loro intensità in tutto il mondo. L'intensità di un uragano è direttamente legata alla temperatura superficiale dell'acqua: secondo i modelli del meteorologo Kerry Emanuel del *Massachusetts Institute of Technology*, l'aumento del calore globale e il riscaldamento dei mari aumenterà l'intensità degli uragani fino al 40 o .50%,³⁴ Il potenziale danno alle proprietà e alla vita stessa nelle regioni costiere sarebbe di un'entità senza precedenti: gran parte di Miami potrebbe venire spazzata via da muraglie d'acqua dell'altezza di cinque metri, città come Galveston, Atlantic City e Myrtle Beach potrebbero esser decimate dall'impatto con questi superuragani.³⁵

Il riscaldamento globale altererà dalle fondamenta la distribuzione delle precipitazioni in tutte le zone del globo. In alcune regioni i laghi, i fiumi e le sorgenti che hanno alimentato l'intero ecosistema per anni, si smagriranno o seccheranno del tutto. In altre regioni si formeranno nuovi laghi e corsi d'acqua, mai visti nella storia umana, che cambieranno radicalmente la

topografia e l'ambiente. Secondo alcune stime la portata del bacino superiore del Colorado calerà del 40%.³⁶ Alcuni climatologi prevedono una diminuzione del 40% della piovosità nella fascia agricola degli USA che trasformerebbe, in una nuvola di polvere alcune parti di quello che oggi è il paniere di tutto il mondo.³⁷

Riattare i sistemi di dighe e di irrigazione in tutti i Paesi per far fronte al riscaldamento globale e a un mutato regime delle acque costerà tra i 7 e i 23 miliardi di dollari.³⁸ Il 18% delle terre coltivate del mondo è oggi irrigato e fornisce un terzo della produzione agricola mondiale. Un cambiamento radicale del clima richiederebbe, secondo le stime, una spesa di 200 miliardi di dollari per riattare e riallocare i sistemi di irrigazione.³⁹

Via via che l'acqua comincerà a scarseggiare in molte zone degli USA e in tutto il resto del mondo, comunità e popoli interi saranno costretti a emigrare.

I grandi laghi saranno liberi dai ghiacci per undici mesi all'anno. Abbassare il livello delle acque vuol dire far crescere del 30% o più i costi di trasporto per il carbone, il calcare e le granaglie perché le chiatte che pescano in profondità, adibite al trasporto di questi carichi pesanti non saranno più in grado di navigare il canale di San Lorenzo, chiave che porta all'oceano Atlantico.¹⁰

Un aumento significativo della temperatura globale prevedibilmente farà fondere una gran parte dei ghiacci polari dell'Artico, aprendo per la prima volta nella storia nuove rotte marittime. «Il favoloso Passaggio a nordovest sarà aperto», dice Walter Roberts del National Center for Atmospheric Research (Centro nazionale per le ricerche atmosferiche). «Si potrà navigare da Tokyo all'Europa in metà del tempo attuale.» Le compagnie di navigazione sono però preoccupate dalla perdita di navi ed equipaggi che potrebbero affondare nel Nord Atlantico cosparso di pericolosi iceberg.⁴¹

Il riscaldamento globale sta preparandosi a seminare il caos nei delicati equilibri chimici e flussi di materia che regolano la crescita e la maturazione di piante e animali e che

governano le complesse interrelazioni dell'intero ecosistema planetario. Per esempio, un aumento della concentrazione di CO₂ può peggiorare la qualità degli alimenti perché le foglie dei vegetali diverranno più ricche in carbonio e più povere in azoto. In un articolo sulla rivista «Fortune», nel 1988, A.H. Moore illustra in un grafico la reazione a catena innescata da questo fenomeno. Gli insetti dovranno devastare le piante povere d'azoto in quantità molto maggiore per far fronte alla loro necessità di sostanze azotate. «Parassiti più affamati e malattie più dannose potrebbero svilupparsi sull'onda dell'effetto serra, spingendo gli agricoltori a usare sempre più antiparassitari...»⁴²

Il riscaldamento globale porterà anche a una massiccia estinzione di specie arboree e alla perdita di milioni di ettari di foreste, in particolare alle medie latitudini. Secondo una relazione del *Bellagio Report*, uno studio dettagliato condotto nel 1989 da alcuni dei più affermati climatologi e attivisti ambientali di tutto il mondo, l'effetto serra potrebbe avere notevoli effetti sulle foreste già dall'anno 2000. Gli autori di questa relazione prevedono una moria delle foreste su larga scala prima dell'anno 2100.⁴³ Un'imponente perdita del manto forestale accelererebbe l'effetto serra perché vi sarebbero meno alberi in grado di assorbire le emissioni di CO₂.

La rapida distruzione degli habitat della foresta potrebbe portare a una estinzione massiccia di molte delle specie rimaste. Già ora si estingue una specie ogni sessanta minuti. Anche senza tener conto del riscaldamento globale, si calcola che potremmo perdere fino al 17% delle specie viventi nei prossimi decenni a causa della distruzione della foresta pluviale indotta dalle esigenze dell'uomo, raccolta di legname, allevamento e agricoltura.⁴⁴

Le foreste non possono emigrare con la velocità con cui si modifica il clima. Scrivendo sulla rivista «Science», Richard A. Kerr sottolinea che «ogni grado centigrado di riscaldamento spinge una zona climatica da 100 a 150 chilometri verso il nord», entro sessant'anni per esempio il clima in cui si è sviluppato il Parco nazionale Yellowstone si sarà spostato ben

più a nord, in Canada,⁴⁵ Gli alberi non sono in grado di migrare alla velocità messa in atto dall'effetto serra, in ogni zona del globo, tutti i componenti dell'ecosistema, alberi, insetti, microbi e animali, resteranno intrappolati da questi rapidi cambiamenti climatici e lasciati indietro a deperire e morire.

I sistemi economici al pari degli ecosistemi troveranno difficile, se non impossibile, adeguarsi in tempo ai rapidi cambiamenti climatici. Virtualmente ogni Paese al mondo sta prendendo le decisioni che riguardano il suo sviluppo futuro basandosi sull'ipotesi erronea che il clima e l'ambiente in cui erano vissuti gli antenati per migliaia di anni ci sarà ancora tra cinquant'anni. Nella conclusione delle Previsioni sul clima mondiale nel 1985, gli scienziati di venticinque Paesi industrializzati e in via di sviluppo mettono in guardia sul fatto che «molte importanti decisioni economiche e sociali che devono essere prese oggi per i progetti a lungo termine quali irrigazione ed energie idriche, rimedi per la siccità, uso delle aree agricole, progetti strutturali e ingegneristici costieri, pianificazione energetica, si basano sull'ipotesi che i dati climatici del passato siano una guida affidabile per il futuro. Questa non è più un'ipotesi valida in quanto la concentrazione crescente di gas serra lascia prevedere un significativo riscaldamento del clima globale già in questo secolo».⁴⁶ Per esempio la British Petroleum ha investito 11 miliardi di dollari in Alaska. Le strade, le abitazioni, gli impianti di perforazione per tutta la lunghezza dell'oleodotto che attraversa l'Alaska, sono costruiti sulla coltre ghiacciata perenne che però è destinata a scongelarsi nei prossimi 3-5 decenni mettendo in serio pericolo i miliardi di dollari delle infrastrutture della British Petroleum.⁴⁷

E non è un caso unico! Le multinazionali e gli Stati in tutto il mondo dovranno riattrezzare infrastrutture per migliaia di miliardi di dollari per adattare alle condizioni climatiche che stanno rapidamente cambiando. Gli edifici di oggi, le dighe, le strade, i sistemi di fognature, i canali e i macchinari di qualsiasi tipo sono tutti progettati con una tolleranza agli stress climatici che non sarà più applicabile tra cinquanta o cento anni, Jesse Asubel, della *National Academy of Engineers* (Accademia nazionale

degli ingegneri) esprime il senso di profonda ansietà che emerge tra la comunità dei tecnici impegnati in progetti di sviluppo quando dice: «Cosa fare quando il passato non è più una guida per il futuro?»⁴⁸

Nel documento conclusivo della Conferenza sui cambiamenti atmosferici tenutasi a Toronto nel giugno 1988, capi di governo e scienziati di quarantotto nazionalità mettono in guardia i popoli del mondo dai pericoli che stanno loro davanti per via del continuo surriscaldamento del clima prodotto dall'effetto serra.

«L'umanità sta facendo un esperimento globale, invasivo e senza controllo le cui conseguenze ultime potrebbero essere inferiori soltanto a quelle di una guerra nucleare su scala mondiale.»⁴⁹

La nostra specie sta ora di fronte alla sua sfida più grande: svegliare gli incoscienti e la coscienza dell'umanità e metterli davanti ai pericoli di un globo che sta bruciando. Come una creatura che vive nel chiuso del suo ambiente, anche la Terra è un organismo che vive entro una ristretta fascia di temperature. Adesso il pianeta sta soffrendo di una febbre galoppante che minaccia di estinguere ogni pulsare di vita sul pianeta. Il riscaldamento globale dell'effetto serra è la prima crisi veramente universale a cui la nostra specie abbia mai fatto fronte. Il clima alterato del globo influenza ogni aspetto dell'esistenza, dalla buona riuscita nella riproduzione del più minuto plankton della superficie oceanica alla sopravvivenza delle grandi culture urbane che occupano quella parte rilevante di terra del pianeta che è sita in riva al mare.

È una crisi senza vie d'uscita e che non si può neanche nascondere. L'impatto verrà avvertito al di là di qualsiasi barriera geografica, etnica o di classe. Il riscaldamento globale è la prima crisi dell'umanità il cui ambito è l'intero pianeta.

Le prime fotografie della Terra prese dallo spazio ci hanno permesso di vederci come una singola entità nell'universo. La crisi globale dell'effetto serra ci spinge per la prima volta a capire che la nostra sopravvivenza personale oggi dipende interamente da una volontà collettiva di tutta l'umanità.

L'emergenza può essere affrontata soltanto con una massiccia mobilitazione degli sforzi umani a un livello mai tentato finora. Sarà necessario superare barriere linguistiche, geografiche, religiose, politiche e ideologiche e unire quelle frange di umanità disperse e a volte in guerra tra di loro e formare un esercito unificato con una singola missione: riportare il globo a una situazione di equilibrio e risoffiare la vita nei polmoni della terra.

Il primo passo critico sulla via della ricostituzione è capire bene il cammino che ha portato alla crisi.

L'effetto serra globale non è un incidente o un'illusione e neppure la conseguenza inevitabile di forze intrinseche all'evoluzione. La crisi serra è una crisi indotta dagli esseri umani. Siamo tutti responsabili della tendenza a un riscaldamento globale. La crisi serra rappresenta il conto finale, giunto alla scadenza, dell'era industriale.

La tendenza globale al riscaldamento è la seconda fase di una crisi energetica che sta ora minacciando l'esistenza stessa della civiltà industriale. La prima fase di questa crisi è iniziata nei primi anni Settanta con la fortissima crescita del prezzo mondiale del petrolio. L'interruzione delle forniture di greggio ha colto di sorpresa sia i Paesi industriali sia quelli in via di sviluppo. Per la prima volta il pubblico ha preso coscienza del fatto che l'energia su cui ci basiamo per poter mantenere il nostro stile di vita, è una risorsa in via di esaurimento, Per quanto la crisi energetica degli anni Settanta sia temporaneamente rientrata e il petrolio sia oggi disponibile in quantità sufficiente per venire incontro alla richiesta mondiale, gli esperti energetici prevedono un drammatico calo delle riserve petrolifere nei prossimi decenni e una risalita nei prezzi a causa degli aumentati costi di ricerca e dell'aumentata domanda. Via via che il petrolio diventerà sempre più scarso e costoso molti Paesi si rivolgeranno con accresciuta fiducia al carbone, esacerbando ulteriormente la tendenza al riscaldamento globale e la crisi serra.

La crisi energetica si presenta quindi come un fenomeno a due facce. Mentre noi stiamo dando fondo alle nostre riserve di

combustibili fossili, stiamo anche subendo un riscaldamento globale causato dall'aver bruciato combustibili fossili in passato, durante tutta l'era industriale»

La crisi energetica e il riscaldamento globale dovuto all'effetto serra sono il riflesso dei valori per i quali abbiamo scelto di vivere, nel breve regno dell'età moderna. Per parecchi secoli nel passato la civiltà occidentale mise i semi di un nuovo rivoluzionario modo di pensare la natura e il nostro rapporto con essa. Questo «nuovo modo di pensare» spianò la via all'era industriale e all'attuale età del progresso. Il nuovo modo di pensare ci ha dato l'urbanizzazione e l'elettrificazione, le automobili e i grattacieli, i cibi pronti e la televisione, i computer e i viaggi nello spazio. Il nuovo modo di pensare ha anche portato inesorabilmente all'estinzione di specie viventi, erosione del suolo, aria e acqua avvelenate, buchi nell'ozono, piogge acide, distruzione delle foreste, degrado urbano, sradicamento delle culture tradizionali e masse affamate, e ora anche la crisi energetica e i relativi fenomeni serra. I benefici a breve dell'era industriale sono stati acquisiti a spese della sopravvivenza a lungo termine del pianeta che ci ospita.

Allora, per ben capire la crisi presente dobbiamo prima rivolgerci a guardare la visione del mondo che l'ha generata, facendo attenzione a sottolineare le idee che ci hanno portato a tradire i nostri obblighi verso la Terra e verso le future generazioni che la abiteranno.

Nel procedere a questa indagine, cominceremo a esplorare una visione del mondo radicalmente nuova, basata su un insieme di postulati completamente differenti da quelli che informano il nostro pensiero al giorno d'oggi. La legge dell'entropia e le leggi della termodinamica costituiscono la base di un modo di pensare postmoderno riguardo al mondo e al nostro rapporto con esso, un modo di pensare che ci può aiutare a fermare l'attuale crisi energetica e l'effetto serra e può renderci uniti in una nuova visione comune del futuro.

La visione entropica del mondo promuove una scienza empatica, basata sul recupero del senso di rapporto e partecipazione alla vita sul pianeta in opposizione alla scienza

più convenzionale che enfatizza il senso di distacco e di sfruttamento della natura e dell'ambiente. In una civiltà entropica si dovrebbero progettare nuovi strumenti e nuove tecnologie per una sostenibilità a lungo termine e per la durata delle risorse al di là dell'iperefficienza a breve e della profittabilità immediata. Una cultura entropica identifica ogni attività economica semplicemente come una estensione dell'ambiente.

Da questo punto di vista, non si dovrebbe mai permettere alla produzione economica e ai consumi sociali di superare le capacità dell'ecosistema nel riciclare i rifiuti e nel rinnovare le scorte di risorse disponibili. Il paradigma entropico è permeato da una nuova visione del pianeta, visto come un singolo organismo in cui tutto quello che riguarda le sue miriadi di correlazioni sia favorito e rispettato.

Il modo di pensare entropico genera un contesto adatto a una forma di coscienza postmoderna molto più sofisticata e responsabile di tutte le forme di conoscenza a cui ci siamo riferiti in passato. Nelle pagine che seguono useremo il paradigma entropico sia per riconsiderare la nostra civiltà sia per gettare le basi di un risanamento del pianeta. Esploreremo le tecnologie energetiche alternative, comprese quella solare, eolica e idrica, indagheremo sulle più recenti innovazioni in materia di trattamento e riciclaggio dei rifiuti, discuteremo del nuovo campo dell'agricoltura ecologica e dei nuovi rivoluzionari cambiamenti che probabilmente dovranno verificarsi nei nostri concetti di lavoro e di formazione. Punteremo inoltre la nostra attenzione sugli stili di vita alternativi e le nuove modalità di vita sociale compatibili con la nostra nuova coscienza ecologica.

La crisi energetica sempre più acuta e la tendenza al riscaldamento globale ci obbligheranno a riconsiderare gli assunti fondamentali sui quali la nostra civiltà è stata costruita. Il nuovo quadro entropico ci offre un mezzo per una efficace critica all'ordine esistente e per dare le direttive di un nuovo corso per il secolo appena iniziato.

Visioni del mondo

Nel corso della storia gli esseri umani hanno sentito il bisogno di costruirsi un quadro di riferimento per organizzare le attività della loro vita. La necessità di stabilire un ordine per spiegare i come e i perché della vita quotidiana è stato un ingrediente essenziale della cultura di ogni società. L'aspetto più interessante della visione del mondo di una determinata società è che la maggior parte degli individui che la condividono non si rendono conto di come essa influenzi il loro modo di agire e di percepire la realtà circostante. Una visione del mondo si può dire affermata, quando viene così ben interiorizzata fin dall'infanzia, che non viene poi più messa in discussione.

La maggior parte degli americani ritengono che il mondo stia progredendo verso una condizione migliore per via del continuo accumulo di conoscenze umane e di tecnologie. Credono inoltre che l'individuo esista come entità autonoma, che la natura sia ordinata a suo favore, che la gente abbia sempre desiderato la proprietà privata, e che la competizione tra individui abbia sempre avuto luogo. In effetti si ritiene che tutte queste cose in cui si crede facciano parte della «natura umana» e siano quindi immutabili. Naturalmente non lo sono, e altri tipi di società e di civiltà in altri momenti della storia semplicemente non sarebbero neanche state in grado di capire alcuni dei concetti che noi oggi attribuiamo alla natura umana. Tale è la potenza di una visione del mondo! Essa supera la nostra percezione della realtà ed è così travolgente che noi non abbiamo la possibilità di immaginare che esista un altro modo di concepire le cose.

La nostra visione del mondo moderna iniziò a prendere forma circa trecento anni fa e, per quanto si sia notevolmente raffinata e modificata negli anni che seguirono, ha conservato

molto della visione originaria. Viviamo oggi sotto l'influenza del paradigma del Diciassettesimo secolo: visione newtoniana del mondo. Nel prossimo capitolo esamineremo nei dettagli questo paradigma. Probabilmente neanche una persona su cento è in grado di spiegare gli intricati aspetti della meccanica newtoniana; nonostante la sua ombra ci accompagni sempre e influenzi ogni nostro gesto.

Oggi però la moderna visione del mondo subisce per la prima volta una sfida per il verificarsi di una crisi energetica a lungo termine e di un effetto serra in costante aumento.

Queste nuove tristi realtà ci obbligano a mettere in discussione molti dei principi basilari che costruivano gli assunti su cui operava l'era del progresso. Sta intanto cominciando a emergere una nuova visione del mondo che potrebbe addirittura rimpiazzare il paradigma newtoniano come matrice organizzativa di tutta la storia: la legge dell'entropia sovrasterà come paradigma corrente tutto il prossimo periodo storico. Albert Einstein ebbe a dire che essa costituisce la legge prima di tutta la scienza; sir Arthur Eddington la citò come la suprema legge metafisica dell'intero universo. La legge dell'entropia è il fondamento del secondo principio della termodinamica. Il primo principio stabilisce che la somma di materia ed energia nell'universo è costante, cioè non può essere creata o distrutta. Solo la forma in cui si presenta può cambiare, mai la sua essenza. Il secondo principio, la legge dell'entropia, stabilisce che materia ed energia possono modificarsi solo in una direzione, da forme utilizzabili a forme non più utilizzabili, ovvero da disponibili a non disponibili, o ancora da ordinate a disordinate. In sostanza, il secondo principio dice che in tutto l'universo ogni cosa ha inizio con un valore e una struttura e irrevocabilmente si muove verso una situazione di casualità caotica e dispersiva. L'entropia è una misura del grado in cui in ogni sottosistema dell'universo, l'energia disponibile si è trasformata in forma non più disponibile. Secondo la legge dell'entropia, quando si crea un apparente maggior ordine in qualsiasi punto dell'universo o della Terra ciò avviene a spese di un disordine ancor più grande causato all'ambiente circostante.

La legge dell'entropia verrà spiegata in dettaglio nel secondo capitolo.

Per ora teniamo valide poche semplici osservazioni che il lettore dovrà accettare con fiducia, almeno finché non faremo un'accurata autopsia della visione del mondo imperante ed esploreremo la dimensione nascosta del nuovo paradigma entropico.

La legge dell'entropia mina l'idea della storia come progresso. La legge dell'entropia distrugge l'idea che la scienza e la tecnologia creino un mondo più ordinato. Nei fatti la legge dell'entropia sfida la moderna visione del mondo con una forza dialettica che a ogni colpo appare convincente almeno quanto lo è stato il paradigma newtoniano quando sostituì la visione del mondo del Medioevo cristiano.

Passo passo la legge dell'entropia ci porterà a comprendere esattamente perché il paradigma esistente ha ceduto. La nostra generazione, stretta tra il vecchio paradigma sul quale si è sviluppata e il nuovo paradigma dell'entropia, appena emergente, comincerà a stupirsi di come abbiamo potuto credere in principi e assiomi così palesemente falsi. Piomberemo nel nuovo paradigma e ci sentiremo a disagio e brancolanti come chi visita per la prima volta un Paese straniero. Incapaci di abbandonare completamente la nostra originaria visione del mondo, assumeremo il nuovo paradigma entropico come una seconda lingua in cui non ci si sente mai completamente a proprio agio e non si è mai capaci fino in fondo di articolarla nella vita di ogni giorno. Per la generazione dei nostri nipoti la visione entropica del mondo sarà come una seconda natura: non ci penseranno neppure, semplicemente convivranno con essa, senza rendersi conto del peso che ha su di loro, così come noi per tanto tempo noti ci siamo resi conto del peso che la meccanica newtoniana ha avuto sulle nostre esistenze.

Già i contorni del nuovo paradigma entropico cominciano a prendere corpo presso gli studiosi di tutto il mondo. Entro pochi anni ogni disciplina accademica sarà influenzata dai nuovi concetti dell'entropia. Vi saranno tentativi di inserire la

legge dell'entropia nell'esistente visione del mondo, tentativi destinati a fallire. I politici ne proclameranno l'importanza nell'affrontare argomenti che vanno dall'energia al disarmo. I teologi fonderanno su di essa nuove interpretazioni dell'autorità biblica. I tecnologi svilupperanno nuovi tentativi di soluzione ai loro problemi credendo erroneamente che possa essere quantificata e sottoposta a misure precise. Gli economisti faranno i salti mortali per ridisegnare la teoria economica classica e adeguarla ai suoi assiomi fondamentali. Gli psicologi e i sociologi riesamineranno la natura umana con l'entropia come presenza di fondo.

Vi saranno anche coloro che rifiuteranno ostinatamente di riconoscere che la legge dell'entropia regna sovrana su ogni realtà fisica del mondo. Costoro insisteranno nell'affermare che i processi entropici si applicano solo a casi specifici e che cercare di applicarli in modo generalizzato a tutta la società è come dare significato pratico alle metafore. Ebbene» semplicemente, essi hanno torto. I principi della termodinamica rappresentano uno scheletro scientifico all'interno del quale si svolgono *tutti i fenomeni fisici* di questo mondo. Con le parole del premio Nobel per la chimica Frederick Soddy» i principi della termodinamica «controllano, in ultima analisi, lo splendore e la decadenza dei sistemi politici, la libertà e la dipendenza delle nazioni, i movimenti dei commerci e delle industrie, le origini della ricchezza e della povertà e il benessere fisico, generalmente parlando» della nostra razza». Ogni singola attività» sul piano fisico» che l'umanità intraprende si trova costretta nella corazza del primo e del secondo principio della termodinamica.

Bisogna sottolineare che la legge dell'entropia riguarda soltanto il mondo fisico dove tutto è finito e dove gli esseri viventi devono percorrere il loro cammino ed eventualmente cessano di esistere. È una legge che governa il regno orizzontale del tempo e dello spazio. Tace però quando si arriva al regno verticale della trascendenza spirituale. Il piano spirituale non è costretto nella gabbia senza vie d'uscita della legge dell'entropia. Lo spirito ha una dimensione non materiale per quale non vi

sono limiti né punti d'arrivo limitati. Il rapporto del mondo fisico con lo spirituale è il rapporto di una piccola parte con un tutto più grande e illimitato entro cui esso si svolge. Mentre la legge dell'entropia aiuta a governare il mondo del tempo, dello spazio e della materia, essa è a sua volta governata dalla forza spirituale primordiale che l'ha concepita.

Il modo in cui una civiltà organizza la sua realtà fisica e l'importanza che attribuisce al piano materiale dell'esistenza determinano quanto favorevoli siano le condizioni per cercare la propria illuminazione spirituale. Quanto più una visione del mondo è orientata verso il lato materiale della vita, tanto meno favorisce la ricerca dell'uomo di una trascendenza spirituale. Quanto meno una civiltà è legata al mondo fisico, tanto più quella collettività si sentirà libera di trascendere i confini del piano materiale e diventare tutt'uno con la profonda essenza spirituale che li supera.

Le leggi della termodinamica contribuiscono a definire la struttura del mondo fisico. Il modo in cui l'umanità decide di interagire con queste leggi e costruire l'infrastruttura necessaria alla sua esistenza è di cruciale importanza perché il cammino spirituale degli esseri umani possa fiorire o languire. Una profonda comprensione della legge dell'entropia è quindi essenziale per poter capire il contesto fisico dal quale tutte le nuove esistenze spirituali dovranno nascere.

Gli storici e gli antropologi hanno a lungo meditato sul perché una particolare visione del mondo emerga in un momento e in un luogo specifico della storia. Questo saggio può suggerire una risposta alla questione: le condizioni energetiche di un certo ambiente instaurano, a grandi linee, la cornice per la visione del mondo che deve emergere. Tuttavia, prima di tentare di dimostrare quest'affermazione, è necessario che noi stessi ci allontaniamo dalla nostra visione del mondo, quanto basta a permetterci di capire come la nostra percezione del reale abbia preso forma durante i secoli.

I Greci e le cinque età della storia: cicli e decadenza

Come possiamo spiegarci il fatto che gli antichi filosofi avevano una visione della storia esattamente opposta a come la percepiamo noi oggi? «Tutto rovina il funesto tempo», cantava il poeta romano Orazio.⁵⁰ Orazio non sapeva nulla del secondo principio della termodinamica ma in quei versi riassumeva la vera essenza della legge dell'entropia (come vedremo nella seconda parte). Per i Greci la storia era un processo di continuo degrado. Nella mitologia greca la storia viene rappresentata come un seguito di cinque livelli, ognuno più degradato e più duro di quello precedente. Lo storico greco Esiodo descrive queste età come età dell'oro, dell'argento, del bronzo, degli eroi e del ferro. L'età dell'oro era all'apice di un periodo di abbondanza e pienezza.

All'inizio un'aurea generazione di mortali fu creata dagli immortali abitanti dell'Olimpo... Essi vivevano come Dei col cuore libero da preoccupazioni, senza neanche un poco di fatica e dolore. L'abominevole vecchiaia non li attendeva al varco, ma restavano sempre uguali in forza nelle mani e sui piedi, godevano nel festeggiare, lontani da ogni cattiveria. Quando morivano era come se fossero sommersi dal sonno. Tutte le cose buone appartenevano a loro e una terra generosa dava loro abbondanti raccolti secondo le loro necessità, vivevano in pace e buona volontà sulle loro terre con dovizia di tutti i beni.⁵¹

L'età dell'oro di Esiodo sarebbe stata poi liquidata come una bella favola da un certo Thomas Hobbes che invece concepiva l'umanità nel suo originario stato di natura come «una storia di solitudine, povera, cattiva, abbruttita e breve». Oggi gli an-

tropologi sono più inclini a dar ragione all'interpretazione di Esiodo sui primordi dell'umanità. Gli studi sulle poche società di cacciatori-raccoglitori rimaste, confermano molte delle deduzioni di Esiodo. Un'indagine accurata sui boscimani africani e su altri gruppi di cacciatori-raccoglitori ha realmente sorpreso molti di noi che amavano credere che la storia umana fosse stata un continuo cammino dal massacrante lavoro e travaglio delle società primitive fino alla vita confortevole e ricreativa dell'America del Ventesimo secolo.

Noi uomini del giorno d'oggi ci vantiamo del fatto che dobbiamo lavorare solo quaranta ore settimanali e possiamo prenderci due o più settimane di vacanza all'anno. Gran parte delle società di cacciatori-raccoglitori avrebbero trovato intollerabile una situazione del genere. In effetti i cacciatori-raccoglitori del giorno d'oggi lavorano non più di dodici-venti ore alla settimana e per settimane e mesi all'anno non lavorano del tutto. Il loro tempo invece è pieno di attività ricreative, giochi, sport, arte, musica, danza, feste e visite ai vicini. Al contrario dell'opinione corrente, gli studi sulle poche società rimaste di cacciatori-raccoglitori mostrano che alcune di esse sono tra le popolazioni più sane della terra. La loro alimentazione è nutriente e molti di loro, come i boscimani dell'Africa, vivono bene fino ai loro sessant'anni senza l'aiuto della medicina moderna. Molte società di cacciatori-raccoglitori privilegiano la collaborazione e la condivisione e mostrano poco interesse alla guerra e altre forme di aggressività tra di loro o verso altri gruppi.

Secondo Esiodo l'età dell'oro terminò bruscamente quando Pandora sollevò il coperchio del vaso che conteneva i mali della vita. Da allora ogni età successiva sarebbe stata più dura ed esigente di quella precedente: l'età finale» nella mitologia greca, è l'età del ferro. Parlando nell'Ottavo secolo avanti Cristo, Esiodo lamenta:

Ora» infatti è la stirpe di ferro: di giorno mai cessano la fatica e l'inganno dolore, mai cessa di notte il lamento. Il padre non sarà simile ai figli, né a lui i figli, né l'ospite all'ospite o il compagno al

compagno... Non verranno onorati i genitori invecchiati... Non onoreranno più il giusto, l'uomo leale e neppure il buono» ma daranno maggior onore all'apportatore di male e al violento; la giustizia risiederà nella forza delle mani... Il malvagio, con perfidi detti, danneggerà l'uomo migliore e spergiuierà il falso.⁵²

I Greci pensavano che il mondo» pur essendo creato dalle divinità e quindi perfetto» non fosse immortale, portava dentro di sé i semi della decadenza. La storia è allora un processo in cui l'ordine originale mantiene la sua perfezione durante l'età dell'oro» solo per iniziare un inevitabile cammino verso la decadenza nelle età successive. Finalmente, quando l'universo si avvicinerà al caos finale» le divinità interverranno ancora a ricostituire lo stato iniziale di perfezione. Tutto il processo ricomincerebbe allora da capo. La storia viene vista non come un processo che si arricchisce continuamente verso la perfezione ma come un ciclo che si ripete continuamente iniziando dall'ordine e andando verso il caos.

L'idea della storia come processo ciclico di decadenza ha pesantemente influenzato la concezione greca di come la società dovrebbe essere ordinata. Platone e Aristotele pensavano che il miglior ordine sociale fosse quello che subiva il minor numero di cambiamenti possibile; nella loro visione del mondo c'era ben poco spazio per il concetto di continua crescita e cambiamento. La crescita, dopo tutto, non significava maggior valore e ordine nel mondo, ma esattamente l'opposto. Se la storia rappresenta un continuo allontanarsi dallo stato di perfezione originale e il continuo consumare una dote di beni preconstituita, la situazione ideale è quella che rallenta il più possibile questo processo di decadimento. I Greci associavano cambiamento e crescita, con decadenza e caos. Il loro obiettivo era quello di trasferire alle generazioni successive un mondo il più intatto possibile.

La visione cristiana del mondo

Immaginate una macchina del tempo che ci porti a tu per tu con un servo della gleba cristiano del Medioevo. Il Tredicesimo secolo non è poi tanto lontano: solo quaranta generazioni ci separano dal mondo feudale. Vi sono infatti molte cose di quel mondo che noi riconosceremmo immediatamente. Già allora in Inghilterra gli studenti si laureavano a Cambridge, era stato scritto *Beowulf* e si parlava un inglese approssimativo, anche se noi avremmo fatto fatica a capirlo. Comunque, anche senza la barriera linguistica, noi e quel servo della gleba avremmo avuto poco di interessante da dirci oltre alle solite chiacchiere sul tempo. Questo perché saremmo stati probabilmente interessati a cercar di capire quali fossero i suoi scopi nella vita. Che contributo pensava di poter dare al mondo? Cosa faceva per migliorare la sua sorte? Che tipo di benessere pensava di dare ai suoi figli? Che idee aveva sulla felicità e sul benessere? Può darsi anche che avessimo desiderato andare un poco più a fondo nel suo animo, chiedendogli qualcosa dei tratti della sua personalità e dei suoi problemi di identità.

Naturalmente non avremmo dovuto aspettarci granché di somigliante a vere risposte. Infatti tutto quello che notiamo nei suoi occhi è un'espressione di vuoto, e non è perché stiamo parlando al vento o la sua mente non è abbastanza sviluppata per uno scambio di idee. Il fatto è che le sue idee sulla vita, la storia e il mondo reale sono assolutamente differenti dalle nostre.

L'idea cristiana della storia, che dominò l'Europa occidentale per tutto il Medioevo, concepiva la vita di questo mondo soltanto come un momento di attesa in preparazione del mondo a venire. L'escatologia cristiana aveva abbandonato la concezione greca dei cicli, ma ne conservava la concezione

della storia come processo di decadimento. Nella teologia cristiana infatti, la storia aveva un inizio ben definito, un punto centrale e una fine identificati con la creazione, la redenzione e il giudizio finale. Pur essendo una storia lineare e non ciclica non si pensava che progredisse verso uno stato di perfezione. Al contrario la storia viene vista come una continua lotta nella quale le forze del male continuano a seminare caos e distruzione in questo mondo terreno.

E ancora; la dottrina del peccato originale precludeva agli esseri umani la possibilità di poter migliorare la loro sorte in questa vita. In effetti l'idea di un popolo che costruiva o cambiava la sua storia, doveva apparire inconcepibile. In definitiva, nel pensiero medioevale il mondo era una struttura rigidamente ordinata nella quale Dio controllava ogni singolo evento. Il Dio dei cristiani era un Dio persona che interveniva in tutti gli aspetti dell'esistenza. Ciò che avveniva o non avveniva era perché Dio l'aveva voluto. Era Dio che faceva la storia, non gli uomini.

Non esistevano mete personali, desiderio di andare avanti o di lasciarsi qualcosa indietro. C'era solo la legge divina da sopportare con fede. Secondo lo storico John Raddall, per il cristiano del Medioevo «ogni cosa prende significato, non in sé e per sé, ma in funzione del pellegrinaggio dell'umanità». Lo scopo di ogni azione, di ogni avvenimento era «per servite al progetto divino».³³

La visione cristiana del mondo dava luogo a una descrizione unitaria della storia, che tutto comprendeva. Non c'era posto per l'individuo in quella grande sintesi teologica. C'erano obblighi e doveri, non libertà e diritti a mantenere compatto il contesto storico della vita medioevale. Come per i Greci, il concetto medioevale di storia non era di crescita e di progresso materiale. Lo scopo dell'umanità non era «ottenere delle cose» ma cercare la salvezza. A tal fine si concepiva la società come un tutto organico, una specie di organismo morale, diretto per mano divina, nel quale ogni persona doveva recitare la sua parte.

Verso la visione moderna del mondo

Non si potrà mai sapere quanti professori abbiano fatto lezione e quanti studenti siano stati obbligati ad ascoltarli nel corso della storia. Soltanto una piccola manciata di questi momenti avrà effettivamente fatto epoca. Jacques Turgot, professore di storia alla Sorbona, è tra i pochi che hanno un posto in questo club di eletti. Nel 1750, entrò in classe, a Parigi, raccolse i suoi appunti e diede inizio a una lezione in due parti, in latino, su una nuova concezione della storia del mondo. Turgot parlò di Platone, Aristotele, san Paolo, sant'Agostino e tutti i giganti del pensiero del mondo antico e medioevale. Quando ebbe finito di pronunciare le ultime parole, egli aveva cambiato l'intera struttura della storia del mondo. Quelle lezioni, osserva Frank Manuel, «inquadra una nuova concezione della storia del mondo dalla più remota antichità al giorno d'oggi e costituiscono la prima importante versione dell'ideologia di progresso dei tempi moderni».⁵⁴

Turgot rifiutava sia la natura ciclica della storia sia il concetto di degrado progressivo. Sosteneva combattivamente che la storia procede come una linea retta e che ogni stadio successivo rappresenta un avanzamento rispetto a quello precedente. La storia, dice Turgot, comprende accumulo e progresso. Al contrario dei filosofi greci dello stato stazionario e dei teologi della chiesa di Roma, egli annunciava la virtuosità di un costante mutamento e movimento. Turgot voleva dimostrare che il progresso è senza fine, anche se occasionalmente può arrestarsi o fare qualche passo indietro. Così facendo diede solide basi alla convinzione che la storia continua ad andare avanti verso il perfezionamento della vita, qui, sulla terra. Idee audaci! Ma il mondo di Turgot era preparato ad accoglierle come dimostra il fatto che Turgot non

fu rimosso dal suo incarico universitario né condannato dalle autorità ecclesiastiche. Un radicale cambiamento era avvenuto nella mente degli abitanti dell'Europa dai tempi della costruzione della grande cattedrale di Chartres, nel Tredicesimo secolo, alla memorabile lezione di Turgot nell'anno 1750. Quel cambiamento è stato il formarsi di una visione moderna del mondo. La storia della sua crescita e maturazione è la storia del mondo che voi e io abbiamo ereditato.

Per quanto la cosa rimanga a livello inconscio, molto del nostro modo di pensare» agire e sentire può essere correlato ai sottili fili e frammenti che, tessuti insieme, formano il paradigma storico delineatosi e formatosi in questi secoli di transizione. Ed è un'ironia della sorte che solo ora che la trama si va disfacendo e minaccia di cedere» diventa possibile vedere da vicino di che pasta noi e il nostro mondo moderno siamo fatti.

L'era delle macchine

L'età moderna è l'era delle macchine. La precisione, la velocità e l'accuratezza sono diventate di primaria importanza. Noi continuiamo a chiedere: «A che velocità potrà andare?» o «Quanto ti ci vuole per essere qui?» Il miglior complimento che possiamo fare è di dire che qualcosa è così ben costruito (o pensato o progettato) che praticamente va da solo. Amiamo le sensazioni che ci danno le finiture metalliche, di alluminio, di cromo, d'acciaio. Troviamo che nulla è esteticamente più gradevole che avviare una macchina o girare un interruttore, Il nostro mondo è un mondo di leve, ruote e pulegge. Il tempo libero è tutto preso dal cercare di riparare le nostre macchinette; il tempo di lavoro serve a regolare monitor e a sintonizzare strumenti. Regoliamo il nostro ritmo giornaliero con una macchina - l'orologio. Comuniciamo con una macchina - il telefono. Impariamo con delle macchine - la calcolatrice, il computer, la televisione. Viaggiamo con delle macchine - l'automobile, l'aeroplano. Anche per vedere c'è una macchina - la luce elettrica. La macchina è il nostro modo di vivere e la nostra visione del mondo si è formata su una macchina. Vediamo l'universo come una grande macchina messa in moto milioni di' anni or sono dall'ingegnere supremo, Dio. È progettata così perfettamente che «gira da sola» senza perdere un colpo e con movimenti così prevedibili da poter essere calcolati fino all'ennesimo grado di dettaglio.

Siamo così affascinati dalla precisione che riusciamo a cogliere nell'universo, da cercare di riprodurne la grandiosità qui sulla Terra. Per noi la storia è un continuo esercizio di progettazione.

La Terra è come un gigantesco magazzino di componenti, fatti' di ogni sorta di pezzi che aspettano di essere assemblati in

un sistema funzionante. Il nostro compito non è mai finito. Ci sono sempre nuovi progetti da prendere in esame e compiti da eseguire e tutti richiedono una continua sistemazione delle parti in gioco e un ampliamento dei processi. Il progresso ha ormai «innestato la marcia» verso la perfezione della macchina. Ci sarà sempre da recuperare i sottoprodotti, eliminare i rifiuti, ma l'espansione della macchina coinvolgerà sempre più ogni aspetto della vita. Questo è il paradigma storico del nostro tempo. Viviamo secondo le regole della macchina e anche se siamo abbastanza d'accordo a riconoscerne l'importanza nel regolare il nostro stile di vita esteriore, siamo molto meno desiderosi di renderci conto che penetra la centralità del nostro essere.

La macchina è così ben ingranata nella nostra persona che è difficile accorgersi dove finisce e dove inizia l'uomo. Anche le parole che escono dalla nostra bocca non sono più le nostre parole» sono le parole della macchina. Noi «misuriamo» i rapporti con gli altri dal grado di «sincronia» con loro. I nostri sentimenti sono ridotti al livello di buone o cattive «vibrazioni». Non è più corretto dire che intraprendiamo un'attività» piuttosto ci troviamo a una «partenza automatica». Cerchiamo di evitare gli «atriti» nell'ambiente di lavoro e scegliamo di «sintonizzarci» piuttosto che prestare semplicemente attenzione. Pensiamo alla vita delle persone come a qualcosa che «gira regolarmente» o magari «si è guastata», in quest'ultimo caso ci si aspetta che in breve tempo gli individui possano essere rimessi in funzione o «riparati».

Gli architetti della visione meccanicistica del mondo

Ogni visione del mondo ha i suoi architetti - coloro che disegnano una bozza progettuale che tutti noi ci incaricheremo poi di completare. Erano comparse molte bozze preliminari prima che si trovasse un accordo sul progetto finale dell'era delle macchine. Già dalla metà del Diciassettesimo secolo tutti gli elementi chiave del paradigma meccanicistico erano stati accuratamente connessi in uno schema unitario. Il mondo era pronto per dare il via all'età delle macchine. La visione del mondo meccanicistica si può attribuire a tre uomini: Francesco Bacone, Cartesio e Isaac Newton. Dopo trecento anni viviamo ancora sull'onda delle loro idee.

Francesco Bacone preparò il terreno per tale paradigma con una polemica contro la visione del mondo degli antichi greci. Il suo *Novum Organum*, pubblicato nel 1620, ha costituito un capolavoro di propaganda. Bacone irrideva all'insieme delle opere di Platone, Aristotele e Omero considerandole nulla più che «dispute e conversazioni oziose». ⁵¹ Così stroncava i Greci: «hanno un che di fanciullesco: pronti piuttosto a far ciance, anziché a produrre; la loro scienza è verbosa e sterile di opere». ⁵⁶ Bacone prese in esame la visione del mondo dei Greci e concluse che, in tutte le loro pompose enunciazioni «non vi era un solo esperimento pratico che potesse portare sollievo e beneficio alla condizione umana». ⁵⁷ Bacone vedeva il mondo con altri occhi, non voleva limitarsi a starsene seduto a contemplare la natura, voleva trovare una metodologia per il suo controllo. Per i Greci, la scienza del sapere era concepita come un chiedersi il perché metafisico delle cose; Bacone pensava invece che una scienza del sapere dovesse essere dedicata al come delle cose. «Oggi il vero e giusto obiettivo

della scienza non è altro che questo: che la vita umana sia arricchita dalle nuove scoperte e possibilità». ⁵⁸

In alcune parti, il *Novum Organum* di Bacone sembra più una circolare d'ufficio che il classico trattato filosofico. Quante volte abbiamo sentito il nostro capo ripeterci che il mondo va affrontato così com'è, non come vorremmo che fosse. In questi casi il capo non se ne rende conto ma è come se citasse Bacone quando questi sosteneva che dovremmo «costruire nella nostra mente un vero modello del mondo come realmente è, e non come la ragione umana vorrebbe che fosse». ⁵⁹ Bacone andava oltre e spiegava che la nuova modalità di rapporto con il mondo si prefiggeva di «allargare i confini del dominio umano e poter dare un'impronta, per quanto possibile, a tutte le cose». ⁶⁰ Il nuovo metodo a cui Bacone si riferiva era il metodo scientifico, una modalità che dovrebbe separare l'osservatore dall'osservato e fornire quindi un terreno neutrale per la crescita di una «conoscenza oggettiva». Secondo Bacone la conoscenza oggettiva avrebbe dato alle persone «il potere sulle cose materiali, gli oggetti naturali, la medicina, l'energia meccanica e infinite altre cose del genere». ⁶¹

Bacone è il primo pragmatista dell'età moderna. Quando sentirai qualcuno dire «Prova e sii obiettivo» o «Dimostramelo» o «Mostrami soltanto i fatti», pensa a Francesco Bacone. Tutto aveva preso il via nel 1620 con quella che egli pensava fosse la migliore idea per organizzare il mondo.

Bacone aveva appena aperto la porta alla nuova visione del mondo, quando apparve in scena Cartesio, matematico di formazione. Cartesio non era un modesto. Raccontano i suoi biografi che in una giornata fredda, costretto in casa dal tempo inclemente, fu colpito da un'idea. La chiave di comprensione del mondo, per decifrarne i più reconditi segreti, per governarlo ai fini dell'umanità, era in una sola parola: la *matematica*.

«Quando esaminai con cura il problema mi divenne sempre più chiaro che tutti gli altri problemi erano semplicemente problemi matematici nei quali si andava a cercare un ordine e delle misure, e che non era rilevante se si trattasse di numeri, figure, stelle,

suoni, o qualsiasi altro oggetto che presentasse un problema di misurare. Vidi dunque che vi doveva essere qualcosa come una scienza più generale che spiegava ogni particolare come una entità in cui si presentano problemi di ordine e di misura. È questo che io chiamo matematica universale. Una tale scienza dovrebbe contenere la struttura di base della ragione umana, e il suo ambito dovrebbe estendersi fino a estrarre il vero da ogni argomento.»⁶²

Cartesio concludeva con un'osservazione che è diventata l'assioma del paradigma meccanicistico: «Parlando francamente, sono convinto che questo [la matematica] sia il più potente strumento di conoscenza che abbiamo ereditato dall'impegno umano, essendo la sorgente di tutte le possibilità!»⁶³ Abbiamo davanti un uomo veramente convinto, il primo «vero credente» nella visione meccanicistica del mondo. Cartesio non perse tempo a diffondere il suo messaggio. Al momento della sua morte, nel 1650, la sua visione matematica della natura era stata accettata dalle menti più eccelse d'Europa.

Cartesio era riuscito a tradurre tutta la natura in una questione di moto. Ridusse tutta la qualità a quantità e proclamò con fede che solo lo spazio e le coordinate contavano. «Datemi dimensioni e movimento» diceva, «e vi costruirò l'universo.»⁶⁴ Il mondo matematico di Cartesio era privo di odori, colori e sapori. La matematica rappresenta l'ordine totale e così Cartesio, con un colpo di genio, aveva eliminato dal mondo tutto ciò che appariva sporco, caotico e anche vivente. Nel mondo di Cartesio ogni cosa aveva il suo posto e tutti i rapporti erano armoniosi. Il mondo era fatto di precisione, non di confusione.

La visione greca della storia come un caos che si dispiega e poi decade, fu giudicata non matematica e pertanto fallace. La visione cristiana andava un po' meglio. Ma come si poteva pensare di conoscere i meccanismi dell'ordine naturale se Dio come persona interveniva in ogni momento nelle cose di questo mondo? Per funzionare come visione del mondo il

paradigma meccanicistico doveva essere soprattutto perfettamente prevedibile e calcolabile. Non vi era posto per una divinità che potesse cambiare le regole del gioco a suo arbitrio. Dio allora era stato delicatamente tolto di scena. Ovviamente gli venivano resi tutti gli onori per il momento iniziale in cui era stato il supremo matematico che aveva calcolato tutto il progetto e aveva messo tutto in moto, prima di andarsene a fare qualcosa d'altro nell'universo cosmico. E così Dio fu ancor più dimenticato dalle successive generazioni che si lasciavano via via intossicare da questo nuovo paradigma.

Mentre Cartesio aveva dato agli uomini la «fede» nella possibilità di scoprire tutte le verità dell'universo, fu poi Isaac Newton, l'altro grande genio europeo, a fornire loro gli strumenti per poterlo fare. Newton scoprì i metodi matematici necessari per descrivere la meccanica del moto. Egli sosteneva che un'unica legge può spiegare sia il moto dei pianeti sia la caduta di una foglia dall'albero così come noi li osserviamo. Cercando di assoggettare tutta la natura alle leggi della matematica, Newton proclamava che «tutti i fenomeni naturali possono dipendere dalle forze con le quali, per cause ancora sconosciute, le particelle dei corpi vengono spinte l'una contro l'altra dando luogo a forme compatte e regolari, o altrimenti vengono respinte e si allontanano l'una dall'altra». Secondo le tre leggi di Newton avviene che;

1. Un corpo in quiete o in moto rettilineo uniforme mantengono il loro stato finché non sono sollecitati da una forza esterna.
2. L'accelerazione che subisce un corpo è direttamente proporzionale alla forza applicata in linea retta lungo la direzione della forza.
3. Ogni forza genera come reazione una forza uguale in verso opposto,⁶⁵

Il metodo matematico di Newton, poco dopo la pubblicazione, fu studiato in tutte le maggiori università. La sua

fama si sparse per tutti gli angoli d'Europa e alla sua morte, nel 1712, gli fu fatto un funerale degno di un re.

La visione meccanicistica del mondo riguardava esclusivamente i corpi in movimento, perché questa era la sola cosa che si poteva misurare matematicamente. Era una visione del mondo fatta per le macchine, non per le persone.

Separando e poi eliminando tutta la vita (che è qualitativa), dal mondo fisico (quantitativo) di cui comunque la vita stessa fa parte, gli architetti del paradigma meccanicistico rimasero con un universo freddo, inerte, interamente fatto di materia non vivente. Da un mondo di pura materia al mondo del puro materialismo il passo era breve, come vedremo nel prossimo capitolo.

Alfred North Whitehead scrisse il commento forse più distruttivo al paradigma storico del concetto newtoniano di mondo come macchina. Ben sapendo che la meccanica si limita a guardare solo le correlazioni spazio-tempo di un corpo in movimento, ricordava Whitehead ai suoi studenti:

In effetti, appena avrete determinato, non importa in qual modo, ciò che intendete per posto definito nello spazio-tempo, potrete esporre in modo adeguato la relazione di un corpo materiale particolare con lo spazio-tempo dicendo che è proprio là, in quel posto; e per quanto concerne la collocazione semplice, non vi è più nulla da dire al riguardo.⁶⁶

Il paradigma meccanicistico si era dimostrato irresistibile. Era semplice, era calcolabile, e soprattutto funzionava. Sembrava la spiegazione a lungo sognata, di come funziona l'universo. *Esisteva* un ordine per le cose e quell'ordine poteva essere dimostrato con formule matematiche e osservazioni scientifiche. Tuttavia gli studiosi europei che si guardavano intorno si chiedevano come mai le attività quotidiane della gente nella società sembravano così confuse e caotiche. Il comportamento delle popolazioni, pieno di errori, unito all'azione tutt'altro che perfetta dei governi e dei poteri economici, non quadravano molto con le spiegazioni

meccanicistiche così ben ordinate che Bacone, Cartesio e Newton avevano fornito. Il dilemma è stato presto risolto: se la società si comportava male, non poteva che essere perché non si conformava alle leggi naturali che governano l'universo.

La sola cosa che rimaneva allora da fare era di comprendere esattamente come le leggi di natura si sarebbero potute applicare agli esseri umani e alle istituzioni e poi agire di conseguenza. Ovviamente questo appariva come un processo lungo e difficile, ma non più impossibile perché le leggi fondamentali dell'universo erano ora conosciute. In più ne sarebbe ben valsa la spesa di tempo e fatica in quanto la ricompensa finale sarebbe stata una società perfettamente ordinata. L'umanità aveva ora un nuovo scopo nella vita: abbandonato il fine medioevale di cercare la salvezza nel mondo a venire, lo si sostituiva con la nuova idea di cercare la perfezione in questo mondo. La storia si poteva vedere ora come un viaggio nel progresso, a partire dallo stato un po' disordinato e confuso in cui la società si era venuta a trovare, fino allo stato ben ordinato e perfettamente calcolabile rappresentato dall'idea newtoniana del mondo come macchina.

Due personaggi si affermarono sul disegno di scoprire le correlazioni tra queste leggi universali e i meccanismi della società. John Locke cercò di correlare i meccanismi dei governi e della società con il paradigma meccanicistico del mondo. E Adam Smith fece lo stesso con l'economia.

Come molti intellettuali del suo tempo, Locke era rimasto profondamente impressionato da come il modello meccanicistico avesse dato senso a un mondo naturale che sembrava incomprensibile. Ma perché? si chiedeva, la storia degli esseri umani era così caotica? E concludeva che la risposta era nella legge naturale della società, violata da un ordine sociale basato su tradizioni e riti irrazionali, originati dal teocentrismo che per tanto tempo aveva governato il mondo. Con l'aiuto della ragione, Locke cercò di definire le basi «naturali» della società. Concluse immediatamente che la religione non può essere un fondamento sociale» semplicemente perché Dio è inconoscibile per definizione. Come potrebbe un'entità in-

conoscibile essere giusto fondamento per un potere politico? Con una imponente azione di rottura con i suoi predecessori in filosofia, Locke sosteneva che la religione può essere a buon diritto un affare privato di ciascuna persona ma non può costituire la base di un'azione politica comune.

Tolto Dio dalla storia dei popoli - come Bacone lo aveva rimosso dalla natura - Locke si trovava solo nell'universo» come tutti gli altri esseri umani. L'uomo non si poteva più considerare parte di un organismo diretto da una volontà divina. Uomini e donne diventavano quello che Bacone» Cartesio e Newton avevano fatto diventare gli oggetti della natura: puri fenomeni fisici che interagivano con gli altri pezzi di materia in un freddo universo meccanico. In una tale situazione su quale base avrebbe potuto nascere un ordine sociale? Locke ha dato un argomento che ha continuato a dominare la visione del mondo moderna fino a oggi. Tolti di mezzo riti e superstizioni, sosteneva Locke, noi vediamo che una società fatta solo da individui che danno senso a se stessi non può avere che un solo e unico proposito: proteggere e promuovere l'arricchimento dei suoi membri. Il puro interesse personale, nella formulazione di Locke, diventa dunque l'unica base costituente dello stato. La società diventa allora materialistica e individualistica perché, continua Locke, la ragione ci porta a concludere che questo è l'ordine naturale delle cose. Per legge di natura ogni individuo è chiamato a svolgere il suo compito di atomo sociale passando tutta la vita a migliorare il suo benessere personale. Non si devono dare giudizi di valore a questo punto; semplicemente, l'interesse personale è la sola base possibile per la società.

Per Locke, lo scopo del potere politico era che le persone divenissero libere di poter usare il potere sulla natura, di recente conquistato, per produrre benessere. Pertanto, da Locke ai nostri giorni, il ruolo sociale dello Stato è stato di estendere il dominio sulla natura, in modo che le popolazioni potessero accedere alla prosperità materiale necessaria per un loro pieno soddisfacimento. «La negazione della natura», dichiarava

Locke, «è la via della felicità.» La gente deve diventare «effettivamente emancipata dai legami della natura». ⁶⁷

Ma questo costante e illimitato darsi da fare per l'arricchimento personale non darà luogo a una guerra selvaggia di ognuno contro ciascun altro, con il risultato che alcuni resteranno vittime permanenti di questo processo? Niente affatto, dice Locke, perché non è vero che gli esseri umani siano naturalmente cattivi o decaduti, al contrario essi sono intrinsecamente buoni. È solo la scarsità e la mancanza di beni personali che li rende cattivi. Poiché la gente per natura desidera avere, basta dunque continuamente accrescere il benessere di una società e l'armonia sociale continuerà a migliorare. Le persone non saranno costrette a lottare tra di loro per la terra perché in natura «ve n'era ancora a sufficienza, di altrettanto buona, più di quanta ne potessero usare coloro che non ne erano ancora provvisti». ⁶⁸ Tutti possono avere libertà d'azione e il loro interesse personale non li porterà in conflitto con gli altri. Per questo Locke diventò il filosofo della crescita illimitata e dell'abbondanza materiale.

E ancora, non esistono limiti alla quantità di ricchezza che un individuo può accumulare? Dopotutto i filosofi, da Aristotele a Tommaso d'Aquino, hanno sempre sostenuto che, oltre un certo livello, la proprietà diventa un ostacolo alla felicità.

Non è così, sostiene Locke. Allo stato di natura, egli ammette che i popoli primitivi possano accumulare solo limitate quantità di beni presi da quello che la natura offre loro. Se un primitivo tenta di prendersi più ricchezze rispetto a quanto le sue povere conoscenze gli permettono di consumare, le sprecherà e finirà per togliere ad altri membri della comunità la rispettiva possibilità di prendere la loro parte. Ma in una comunità di beni fondata sulla ragione, dove si usi il denaro come mezzo di scambio, un accumulo di proprietà è possibile, anzi è naturale, perché questo è proprio lo scopo del denaro. La moneta non si deteriora, è quindi impossibile possederne troppa. Ovviamente alcuni accumuleranno più beni di altri, ma questo è naturale perché il mondo è stato dato «all'uso degli

uomini laboriosi e ragionevoli». Chi si ingegna di più farà il bene dei più.⁶⁹

Locke non si ferma qui. Il possesso di una proprietà (come valore ricavato dalle risorse naturali) non è solo un diritto sociale, ma anche un dovere, che obbliga a generare benessere. Come un incubo per gli ambientalisti, Locke scrisse che «una terra lasciata interamente allo stato di natura viene detta, ed è, terra di nessuno».⁷⁰ La natura ha valore solo se le associamo il nostro lavoro per renderla produttiva:

A ciò si aggiunga che chi si appropria col suo lavoro la terra non assottiglia ma accresce le provvigioni comuni dell'umanità: infatti i beni atti al sostentamento della vita umana che sono prodotti da un acro di terra cintata e coltivata sono, a dir poco dieci volte quelli di un acro di terra altrettanto ricca ma lasciata incolta e comune. Perciò si può veramente dire che colui che recinta un terreno, e da dieci acri trae maggior quantità di mezzi di sussistenza di quanto potrebbe trarre da cento lasciati allo stato naturale, dona novanta acri all'umanità».⁷¹

Usando questa primitiva versione della «teoria delle ricadute» (più uno produce individualmente, maggiore è il beneficio per tutta la collettività), Locke prosegue dichiarando che ogni persona può accumulare beni durevoli (oro, argento e simili) finché vuole; un individuo dovrebbe infatti: «ammucchiare questi oggetti non deteriorabili a suo piacimento, dato che non è l'ampiezza del possesso ma il deteriorarsi di una sua parte rimasta inutilizzata a costituire eccesso rispetto ai limiti della proprietà legittima».⁷² Rileggendo Locke con la mentalità ecologica dei giorni nostri se ne ricava la sensazione angosciante di uno che non sarebbe stato soddisfatto finché ogni fiume sulla Terra non fosse stato imbrigliato, ogni meraviglia naturale coperta dalle insegne turistiche, ogni montagna ridotta a detriti per ricavarne gli scisti bituminosi. Questo Locke così rigorosamente produttivistico e materialistico è quello che condanna gli indiani d'America perché non sono che una manciata di persone in una delle

regioni più ricche del mondo, persone che per pigrizia rifiutano di sfruttare le loro ricchezze: «Il sovrano di un grande e fertile territorio mangia, alloggia e veste peggio di un bracciante inglese». ⁷³

Con Locke il fine di ogni uomo o donna moderni è definito. Dai tempi dell'illuminismo l'individuo è ridotto alla sola edonistica attività di produzione e consumo per trovare senso e significato. Le necessità e le aspirazioni delle persone, i loro sogni e desideri, tutto viene confinato nel perseguire il proprio interesse materiale personale.

Come Locke, Adam Smith era innamorato della visione meccanicistica del mondo ed era intenzionato a formulare una teoria economica che riflettesse i concetti universali del paradigma newtoniano. Nella sua *Indagine sulla natura e le cause della ricchezza delle nazioni*, Smith sostiene che, come i corpi celesti in movimento, così anche le scelte economiche sottostanno a certe leggi naturali. Se si obbedisce a queste leggi si ottiene una crescita economica, ma le regole e i controlli sull'economia imposti dalle autorità violano queste leggi immutabili indirizzando l'attività economica verso direzioni innaturali. I mercati allora non si espandono rapidamente come invece potrebbero e le produzioni vengono frenate. In altri termini, ogni tentativo messo in atto dalla società per dirigere le «naturali» forze economiche si è rivelato inefficiente, e per Adam Smith l'efficienza in tutte le cose era una parola d'ordine.

Una ricerca sulle leggi dell'economia, proclamava Smith, ci porta inevitabilmente a concludere che il metodo più efficiente di ogni organizzazione economica è il *laissez-faire*, il concetto di lasciare che le cose vadano avanti da sole e fare in modo che le persone possano agire indisturbate. Smith, come Locke, pensava che la base di ogni umana attività è l'interesse personale. Si tratta di una tendenza naturale e non dovremmo assolutamente condannare l'egoismo personale erigendo barriere sociali per impedirlo. Piuttosto dovremmo riconoscere alle persone il desiderio di perseguire il soddisfacimento dei propri desideri nell'ambito di un'attività virtuosa da cui, nei

fatti, tutti possano trarre beneficio. È proprio quando ciascuno opera egoisticamente che alla penuria subentra la sovrabbondanza :

Ogni individuo si sforza di trovare l'impiego più vantaggioso possibile per qualsiasi capitale di cui possa disporre. In effetti è al suo proprio vantaggio che egli mira e non a quello della società. Ma la considerazione del suo proprio vantaggio lo porta naturalmente, o meglio necessariamente, a preferire l'impiego più vantaggioso per la società.⁷⁴

Smith rimuove di proposito ogni concetto di moralità dall'economia, così come aveva fatto Locke con i rapporti sociali. Ogni tentativo di imporre una moralità all'economia avrebbe soltanto portato a violare la «mano invisibile», di cui Smith sosteneva l'esistenza come di una legge naturale che governa i processi economici spostando automaticamente investimenti, lavoro, risorse e produzione di beni. Gli uomini possono ragionevolmente cercare di capire questa legge, concedeva Smith, tuttavia, come non si può controllare la legge di gravità, così non si può interferire con la mano invisibile. Poiché nulla può essere più efficiente di questa forza «naturale» che controlla i mercati, se si usa la ragione il benessere può essere ottenuto nel miglior modo con liberi e competitivi scambi commerciali, non appesantiti da mutili fardelli, tra individui ragionevoli che desiderano arricchirsi. L'obiettivo dell'economia è un mercato in continua espansione; tutto ciò che ne procura la crescita dev'essere il benvenuto.

Considerando uomini e donne fondamentalmente egoisti nella ricerca di un vantaggio economico, le teorie di Smith subordinano tutti i desideri umani alla ricerca di un'abbondanza di beni materiali intesa a soddisfare necessità fisiche. Non esistono scelte etiche, solo un giudizio di utilità personale espresso da ciascun individuo.

Bacone, Cartesio, Newton, Locke e Smith furono i grandi divulgatori della visione del mondo meccanicistica. Altri li avevano preceduti e molti li seguirono. I loro principi basilari ci

accompagnano comunque ancora oggi. Questi principi si possono riassumere in poche frasi concise. Primo: vi è nell'universo un ordine matematico esatto che può essere dedotto dall'osservazione dei moti dei corpi celesti. Sfortunatamente, sulla Terra molte cose sono in uno stato primordiale, in una situazione di confusione e di caos, ed è quindi necessario risistemare le cose per portare nel nostro mondo lo stesso tipo di ordine che sembra esistere nel resto del cosmo. Nasce allora il problema di come sia meglio operare per coordinare le forze della natura in modo che rispecchino l'ordine dell'universo. Si convenne che la risposta era di usare i principi scientifici della meccanica razionale per governare le risorse naturali in ordine all'interesse materiale e personale degli esseri umani. La logica conclusione di questo nuovo grande paradigma era semplicemente questa: più benessere materiale accumuliamo, più il mondo avrà una struttura ordinata. Il progresso consiste allora nell'accumulare una sempre maggior copia di beni materiali che si ritiene daranno luogo a un mondo sempre migliore. La scienza e la tecnologia sono gli strumenti per compiere il lavoro. Questo è, in sintesi, il principio operativo del paradigma meccanicistico del mondo.

Negli anni che seguirono non sono tuttavia mancate le critiche. Il paradigma meccanicistico è stato messo in ridicolo, attaccato e colpito da molti punti di vista, alcune ipotesi sono anche state modificate, eppure, quando si rileggono Cartesio, Locke o Smith non si può non rimanere colpiti da come sembrano contemporanei. Ogni volta che un economista, un politico o uno scienziato parlano in pubblico di un argomento d'attualità, è come se il loro discorso fosse stato dettato dallo spirito di questi defunti pensatori. Se le dichiarazioni dei nostri leader politici e delle pubbliche autorità sembrano sempre più fuori dalla realtà e incapaci di spiegare i problemi che la società si trova di fronte, la colpa non è del tutto loro, potremmo cercare di attribuirla a qualcun altro, per esempio proprio a Cartesio, Locke, Smith e ai loro colleghi. Dopo tutto è ancora il loro metodo e le loro idee che stiamo usando.

Il paradigma meccanicistico ebbe il massimo successo dopo la pubblicazione de *L'origine delle specie*, di Charles Darwin nel 1859. La teoria darwiniana dell'evoluzione in biologia risultava altrettanto sconvolgente delle scoperte di Newton nella fisica. Avrebbe anche potuto togliere dal suo ruolo centrale la visione meccanicistica del mondo e rivendicare da sola l'egemonia di nuovi principi organizzativi validi per la società. Questo non è avvenuto, le teorie di Darwin sono diventate invece un corollario del mondo meccanicistico newtoniano. Le vaste implicazioni delle scoperte di Darwin non sono mai state esplorate a fondo, vennero invece presi subito in considerazione alcuni degli aspetti più immediatamente visibili della sua teoria per legittimare ancor più la visione meccanicistica.

I filosofi delle scienze sociali come Herbert Spencer presero la teoria darwiniana dell'evoluzione delle specie come una prova a favore dell'esistenza di un progresso nel mondo. Spencer e i cosiddetti sociologi darwinisti forzarono il concetto di selezione naturale in quello di sopravvivenza del più adatto, in questo modo diedero ancor più forza alla visione meccanicistica, secondo cui la ricerca dell'interesse personale migliora il livello di benessere materiale che a sua volta migliora l'ordine nel mondo.

Sopravvivenza del più adatto significa che in natura ogni organismo vivente è impegnato in una lotta senza sosta con tutti gli altri esseri viventi. Quelli che sopravvivono e riescono a trasmettere i loro caratteri alla prole sono semplicemente i più capaci nel difendere l'interesse personale. L'evoluzione era vista come un avanzamento verso una struttura sempre più ordinata e il processo risultava dal fatto che ogni specie successiva è più attrezzata della precedente a difendere i suoi interessi e soddisfare le sue necessità materiali. In questo modo il darwinismo fu visto come una completa riconferma del principio centrale della visione del mondo meccanicistica.

L'era meccanicistica è stata tutta permeata da questa nozione di progresso. Nella sua essenza il progresso viene visto come un processo in cui un mondo naturale «poco ordinato»

viene utilizzato e attrezzato dagli esseri umani per creare un ambiente naturale con un maggior grado di ordine. In altri termini: il progresso dà al mondo un valore maggiore di quello che aveva allo stato naturale. In questo contesto la ricerca scientifica è il metodo con cui l'uomo arriva a capire i meccanismi della natura e li riduce a un sistema di principi e regole; la tecnologia, a sua volta, applica queste regole ai casi specifici per trasformare i processi naturali in processi utilizzabili, strutturati e ordinati, aventi quindi maggior valore di quello che avevano nello stato originale.

La visione meccanicistica del mondo, propria dei matematici, della scienza, e della tecnologia, la visione del mondo del materialismo e del continuo progresso che pretende di avere una spiegazione per tutto quello che abbiamo davanti agli occhi sta cominciando a perdere vigore perché l'ambiente e le risorse energetiche su cui è cresciuta stanno avviandosi alla fine (questo argomento sarà ripreso in dettaglio nei successivi capitoli). Se vi sarà storia da ricordare, le future generazioni scuoteranno il capo con scetticismo pensando ai trecento anni che oggi chiamiamo età moderna. Il mondo concepito come macchina sembrerà loro altrettanto ingenuo di come sono apparse a noi le cinque età greche della storia, e questo sarà perché si troveranno a vivere nell'ambito di un paradigma universale del tutto nuovo, i cui confini ci avviamo ora a esplorare.

Parte seconda

La legge dell'entropia

La legge dell'entropia

Un antropologo, Max Gluckman, ebbe a notare che «scienza è qualsiasi disciplina in cui anche uno stupido di questa generazione può oltrepassare il punto raggiunto da un genio della generazione precedente».¹

Il primo e il secondo principio della termodinamica vengono ora spiegati nei corsi elementari di fisica. I contenuti sembrano semplici e accessibili al senso comune. In realtà il cammino che ha portato alle formulazioni finali è stato difficile, lastricato di teorie complicate, intuizioni e speculazioni di molte belle menti. Ed è abbastanza strano che gli scienziati si siano angosciati a lungo sul significato preciso di questi due principi, mentre a memoria d'uomo essi erano già ben radicati nella cultura popolare più o meno di tutte le popolazioni al mondo. Quante volte abbiamo ascoltato il detto «Non si può avere niente per niente» oppure «Non serve piangere sul latte versato» o ancora «Non si può vincere il sistema». Se questi modi di dire vi sono familiari e li avete sperimentati più e più volte nella vita quotidiana, a questo punto potete già dire di saperne abbastanza sul primo e sul secondo principio della termodinamica.

Dire termodinamica suona come un concetto estremamente complicato. In realtà si tratta della più semplice e nello stesso tempo la più emozionante concezione scientifica che sia mai stata elaborata. Entrambi i principi della termodinamica possono essere espressi, da un'unica frase:

L'energia totale dell'universo è costante e l'entropia totale è in continuo aumento.²

Questo significa che è impossibile creare o distruggere energia. La quantità totale di energia dell'universo è stata fissata all'inizio dei tempi e tale rimarrà fino alla fine. La legge della conservazione dell'energia costituisce il primo principio della termodinamica che afferma che non si può creare né distruggere l'energia, ma la si può trasformare da una forma in un'altra.

Il divulgatore scientifico Isaac Asimov ne dà un semplice esempio.

Supponiamo di prendere una quantità di calore e di trasformarlo in lavoro, nel farlo non abbiamo distrutto il calore, semplicemente l'abbiamo trasferito in un altro luogo o forse l'abbiamo convertito in un'altra forma d'energia.³

Più specificamente, consideriamo il motore a benzina di un'automobile. L'energia contenuta inizialmente nella benzina è uguale alla somma del lavoro fatto dal motore, più il calore prodotto, più l'energia contenuta nei gas di scarico.

La cosa importante da ricordare è, ancora una volta, che non possiamo creare energia, nessuno vi è mai riuscito e nessuno lo farà mai, tutto quello che possiamo fare è convertire l'energia da uno stato all'altro. Questo deve diventare un punto di forza del nostro ragionamento quando ci mettiamo a considerare che ogni cosa è costituita da energia. Forma, struttura e movimento di ogni entità esistente sono soltanto materializzazioni di energia, più o meno concentrata e in trasformazione. Un essere umano, un grattacielo, un'automobile o un filo d'erba, sono tutte forme di energia trasformatesi da uno stato a un altro. Quando viene costruito un grattacielo o si forma un filo d'erba sono entrambi costituiti da forme di energia recuperata da qualche altra parte. Se poi il grattacielo viene abbattuto o il filo d'erba muore, l'energia che incorporavano non scompare, semplicemente toma in qualche modo all'ambiente circostante. Tutti conosciamo il detto «nulla di nuovo sotto il sole», potete rendervene conto al vostro

prossimo respiro: cinquanta milioni delle molecole che avrete inalato saranno le stesse inalate a suo tempo da Platone,

Se dovessimo tener conto solo del primo principio della termodinamica, non vi sarebbe alcun problema a usare senza fine la stessa energia, ma sappiamo bene che al mondo le cose non vanno così. Se per esempio bruciamo un pezzo di carbone, la sua energia si conserva ma si converte in energia contenuta nell'anidride carbonica, nell'anidride solforosa e negli altri gas che si disperdono nell'atmosfera. Per quanto non si sia persa energia nel processo, sappiamo che non potremmo bruciare una seconda volta quel carbone. La spiegazione si trova nel secondo principio della termodinamica, il quale dice che ogni volta che una certa quantità di energia viene convertita da uno stato a un altro si ha una penalizzazione che consiste nella perdita di una parte dell'energia stessa, in particolare ve ne sarà una parte non più utilizzabile per produrre lavoro. C'è un termine che indica questa perdita: *entropia*.

L'entropia è una misura della parte di energia che non può più essere trasformata in lavoro. Il termine fu coniato dal fisico tedesco Rudolf Clausius nel 1968, ma il principio di cui faceva parte era stato individuato quarant'anni prima da un giovane ufficiale dell'esercito francese, Sadi Carnot, impegnato a cercare di spiegare il funzionamento delle macchine a vapore. Carnot scoprì che una macchina funziona bene se una parte del sistema è molto calda e un'altra è molto più fredda, in altre parole: per convertire dell'energia in lavoro deve esserci una differenza nella concentrazione di energia (corrispondente a una differenza di temperatura) tra le varie parti della macchina. Si produce lavoro quando l'energia passa da un livello più alto a uno più basso cioè dalle alte temperature a quelle più basse. La cosa più importante è che ogni volta che l'energia passa da un livello a un altro, diminuisce l'energia disponibile per produrre lavoro nel prossimo ciclo. Facciamo l'esempio dell'acqua che scende da una diga nel lago sottostante: la caduta può essere utilizzata per produrre elettricità o far girare ruote ad acqua o altri lavori utili. Raggiunto il

fondo l'acqua non è più in grado di compiere alcun lavoro, su un terreno pianeggiante non può essere usata neanche per muovere la più piccola ruota. Queste due situazioni si identificano con *stato di energia disponibile o energia libera* e al contrario *stato di energia non più disponibile o energia vincolata*.

Un aumento di entropia significa diminuzione dell'energia «disponibile». Ogni volta che avviene qualcosa nel mondo della natura, una certa quantità di energia si degrada e diventa non più disponibile per un lavoro successivo. Una parte di quest'energia non più disponibile è rappresentata dall'inquinamento, energia dissipata che si accumula nell'ambiente minacciando gravemente l'ecosistema e la salute di tutti.

Torniamo a Clausius, l'uomo che ha concepito la parola *entropia*. Clausius si era reso conto che in un sistema chiuso le differenze di livello energetico tendono sempre a pareggiarsi. Chiunque abbia avuto occasione di togliere dal fuoco un attizzatoio caldo avrà osservato lo stesso fenomeno che Clausius ha tradotto in legge. Quando un ferro rovente esce dal fuoco e sta esposto all'aria si nota subito che si raffredda e l'aria circostante si scalda, questo perché il calore passa sempre da un corpo più caldo a un corpo più freddo. Passato un po' di tempo possiamo toccare il nostro attizzatoio e passare le mani nell'aria circostante e notare che hanno raggiunto la stessa temperatura. Gli specialisti lo chiamano stato di equilibrio, uno stato cioè in cui non esistono più differenze di livello energetico, lo stesso stato dell'acqua su un terreno pianeggiante. In entrambe i casi, l'attizzatoio raffreddato e l'acqua livellata non sono più in grado di eseguire lavoro utile, la loro è un'energia vincolata, non più disponibile. Questo non significa che l'acqua non possa essere riportata a monte della diga, a secchiate, o che l'attizzatoio non possa venire riscaldato di nuovo, ma significa che in questi processi, in ogni caso si deve impiegare una nuova fonte di energia libera, disponibile.

Lo stato di equilibrio è lo stato in cui l'entropia ha raggiunto il massimo livello e non vi è più energia libera disponibile per compiere ulteriore lavoro. Clausius riassunse il secondo principio

della termodinamica concludendo che «nell'universo, l'entropia, come quantità di energia non più disponibile, tende continuamente verso un massimo».

Sulla Terra abbiamo due sorgenti di energia utilizzabili: le riserve del suolo e la radiazione solare. L'economista Herman Daly spiega la differenza tra le due:

Lo stock terrestre consiste in due specie di risorse: quelle rinnovabili con riferimento all'unità temporale della vita umana e quelle rinnovabili solo in tempi geologici e che quindi, l'uomo deve considerare come non rinnovabili per il raggiungimento dei suoi obiettivi. Gli stock terrestri a bassa entropia possono essere classificati in energia e materia. Entrambe le fonti, la terrestre e la solare, sono limitate. Le risorse terrestri non rinnovabili sono limitate dalla quantità totale disponibile. Anche quelle rinnovabili hanno un ammontare complessivo disponibile limitato e, se sfruttate fino all'esaurimento, si comportano esattamente come le risorse non rinnovabili... La fonte solare è praticamente illimitata nella quantità totale ma è strettamente limitata nel tasso di irraggiamento sulla terra."¹

Anche se l'energia solare si degrada essa stessa a ogni secondo che passa, la sua entropia non raggiungerà un massimo se non tra molto tempo, dopo che le risorse terrestri saranno state completamente utilizzate.

Ogni volta che accendete una sigaretta, l'energia disponibile al mondo diminuisce. Naturalmente, come abbiamo detto, è possibile invertire questo processo entropico se si considerano solo un tempo e un luogo ben definiti, ma lo si può fare soltanto a spese di altra energia e quindi di un aumento dell'entropia totale dell'ambiente. Bisogna capire bene questo processo soprattutto quando si parla di riciclaggio: vi è chi pensa che quasi tutto ciò che si usa possa essere riciclato e reimpiegato solo che si trovi una tecnologia adatta. Semplicemente, non è vero. E' vero che bisognerà arrivare a capacità di riciclo sempre maggiori per la sopravvivenza

futura sul pianeta, ma non sarà possibile neanche avvicinarsi al 100% di reimpiego. Per esempio per la maggior parte degli oggetti metallici l'efficienza di riciclaggio è intorno al 30% e riciclarli vuol dire spendere energia per raccogliarli, trasportarli e rilavorarli, aumentando quindi l'entropia totale dell'ambiente. Qualsiasi cosa può essere riciclata solo a spese di altre fonti di energia e quindi di un aumento di entropia dell'ambiente nel suo insieme.

Un punto che non dobbiamo stancarci di mettere in evidenza è che sulla Terra l'entropia dei beni materiali è in continuo aumento e si avvia a raggiungere un massimo, perché la terra è un sistema chiuso nell'universo, cioè scambia energia ma non materia con l'ambiente circostante. A parte qualche meteorite e le polveri cosmiche che possono cadere occasionalmente, il nostro pianeta resta un sistema chiuso. A quelli che pensano che il flusso di energia solare si possa usare per produrre materia risponde l'economista Nicholas Georgescu-Roegen dicendo che: «anche in quella fantastica macchina che è l'universo non si crea materia dalla pura energia, in misura significativa, mentre invece enormi quantità di materia vengono continuamente convertite in energia».⁵

Il punto è che il Sole di per sé non genera la vita. Puoi lasciar passare i raggi del Sole in un recipiente di vetro vuoto da qui fino alla fine del sistema solare e non ne nascerà alcuna forma di vita. Perché si sviluppasse la vita il Sole ha dovuto interagire con il sistema chiuso di materiali diversi, metalli, minerali di cui è costituita la terra, convertendoli in esseri viventi e nelle risorse necessarie alla vita. Quest'azione facilita anche il naturale decadimento della quantità iniziale di materie prime che costituivano la crosta terrestre, in ogni istante le montagne vengono erose e il terreno coltivabile viene ridotto in polvere e disperso dal vento, questo significa che nel lungo periodo ogni risorsa rinnovabile diventa in effetti non rinnovabile. La vita che continua a riprodursi e gli organismi che muoiono aumentano l'entropia sulla Terra, con il risultato che sempre meno materie prime saranno disponibili per un futuro sviluppo.

Qualsiasi contadino sa che, anche riciclando tutto e con una insolazione costante, è impossibile far crescere la stessa quantità di erba sullo stesso pezzo di terra, anno dopo anno all'infinito. Ogni filo d'erba oggi significa un filo d'erba in meno in un futuro più o meno lontano, sullo stesso appezzamento, perché, come ogni altra cosa, anche il suolo coltivabile è parte di un circuito entropico. Il suolo coltivabile contiene una parte organica e una parte costituita da minerali inorganici che permettono all'erba di crescere, ma la sua esistenza è temporanea, nasce da formazioni minerali e da residui organici e per la maggior parte finirà come polvere dispersa nel vento o dilavato come limo che andrà a finire in mare. In altre parole, il suolo coltivabile non è una struttura permanentemente stabile, è solo un ambiente dove particolari materiali si sono concentrati lungo il loro percorso di decadimento entropico. Nel breve periodo (tempi della storia umana) è possibile mantenere il terreno in uno stato stazionario tale che l'erosione non sia più veloce di quanto la natura impiega a degradare le rocce e i residui organici per formare nuovo terreno. Può avvenire però che per effetto di forze naturali (tempeste, siccità, inondazioni ecc.) o anche a causa dell'intervento umano, l'erosione del terreno sia più veloce della sua ricostituzione, anche considerando tempi brevi. Una coltivazione superintensiva e la distruzione degli ecosistemi naturali portano all'erosione e alla demineralizzazione del terreno, dando luogo a un aumento entropico a chiazze in determinate aree geografiche. Ci vogliono centinaia di anni per ricostituire dodici pollici di terreno coltivabile, per cui anche nel contesto della storia umana l'aumento di entropia del suolo è un fenomeno ben presente e continuo. La materia si degrada continuamente. Lo riconobbe per primo Nicholas Georgescu-Roegen scrivendo: «In un sistema chiuso l'entropia dei materiali dovrà a un certo punto raggiungere un massimo».⁶

È una realtà difficile da accettare per noi perché fin da bambini, spiegandoci i principi elementari della biologia, ci hanno insegnato che ogni materiale organico ritorna in ciclo, ed è vero perché è semplicemente un riaffermare il primo principio della

termodinamica, *nulla si crea e nulla si distrugge*. Sfortunatamente c'è il secondo principio, che di solito viene ignorato, e che ci dice che per quanto la materia venga riciclata indefinitamente, ogni volta che questo avviene si paga in termini di degradazione. Supponiamo di estrarre dal sottosuolo un frammento di minerale metallico e forgiarne un utensile. Durante la vita di quell'utensile molte particelle metalliche voleranno via per effetto dell'attrito, dell'usura, delle scheggiature. Quelle molecole perdute non andranno distrutte, torneranno alla terra, ma adesso saranno disperse in tutta la massa del suolo e non saranno più utilizzabili per nessun lavoro utile come quando invece erano concentrate nel pezzo di minerale originario. Si potrebbe trovare un modo per riciclare tutte quelle particelle metalliche, ma solo a prezzo di un aumento di entropia del processo globale» bisognerebbe infatti attrezzare una macchina che raccolga le particelle e trovare una fonte di energia per azionare la macchina. A sua volta la macchina, fatta a partire da minerali metallici ugualmente provenienti della terra, perderà particelle per attrito, usura, e scheggiature, anche se stava funzionando per il recupero di un altro metallo, e inoltre l'energia usata per farla girare va in definitiva ad aumentare l'entropia totale.

Quando l'energia diventa non più disponibile usiamo il termine «morte termica», quando è la materia a non essere più disponibile diciamo «caos della materia». In entrambe i casi il risultato è un aumento di entropia: uno stato disperso dell'energia e della materia che le rende meno concentrate e meno adatte a compiere lavoro utile.

Alcuni scienziati hanno sostenuto che in un lasso di tempo lunghissimo il Sole» agendo sulla crosta terrestre» potrebbe riportare insieme le molecole metalliche disperse nella terra e rimetterle nuovamente in uno stato concentrato. Statisticamente si presume che sia possibile» ma è di scarso interesse per la specie umana perché il quadro temporale di cui si parla si misura in ere geologiche» come dire miliardi di anni. A breve termine, in

particolari nicchie geografiche» l'entropia della materia e dell'energia è un fenomeno ben presente e osservabile.

La legge dell'entropia è qualcosa che va sentito oltre che capito» la sua essenza è l'essenza stessa del reale e rendersi pienamente conto del suo significato richiede una certa dose di intuizione. Per queste ragioni sarà utile dare un'occhiata alla legge dell'entropia anche da qualche altro punto di vista.

Un modo di discutere su livelli energetici ed entropia, a cui si è già accennato, è quello delle concentrazioni. Quando si apre una bottiglia di profumo, perché l'odore inizia a diffondere nell'aria e dopo un po' di tempo ha invaso tutta la stanza? Oppure, cosa succede se apriamo la porta verso un'altra stanza più grande e ci accorgiamo che dopo pochi minuti si sente il profumo in entrambe i locali, per quanto meno intenso che in un solo locale? Bertrand Russell illustra così il processo:

Ogni qualvolta c'è una grande quantità di energia in una regione e pochissima in una regione vicina, l'energia tende a muoversi da una regione all'altra finché non si sia stabilito un equilibrio. Tutto questo processo può essere preso come una tendenza alla democrazia.⁷

Anche questo modello può essere visto come un diverso modo per arrivare alla comprensione del secondo principio. L'energia va sempre da una situazione dove è più concentrata (la bottiglia di profumo) a una dove lo è di meno (i due grandi locali): nel processo si impiega, e quindi si dissipa, energia libera, infatti l'odore perde di intensità. Considerando il problema del profumo a un livello molecolare, si osserva che quando le molecole sono costrette a stare insieme nella bottiglia si bombardano a vicenda con velocità incredibile. Non appena si permette loro di uscirsene dalla bottiglia iniziano il loro cammino, a caso, in uno spazio più vasto, diffondono e si urtano con sempre minor frequenza finché risultano uniformemente ridistribuite per tutta la stanza.

Sono stati fatti diversi tentativi per aggirare la legge dell'entropia ed è stato uno dei passatempi preferiti dagli scienziati e dai filosofi che se ne sono occupati. Le sfide forse più emozionanti vennero proposte da due studiosi di grande prestigio alla fine del Diciannovesimo secolo: J.C. Maxwell e Ludwig Boltzmann. Le due sfide finirono poi per consolidare ancor più la validità del secondo principio della termodinamica e per questa ragione vale la pena di ricordarle.

Maxwell suggeriva che se ci fosse un esserino intelligente abbastanza piccolo da individuare e maneggiare singole molecole, potrebbe riuscire a violare il secondo principio. Non preoccupiamoci del fatto che uno schiavetto del genere non esiste, l'argomento interessa ancora oggi per quanto ci fa capire degli sforzi che la comunità scientifica ha fatto tentando di superare il secondo principio.

Maxwell fece l'ipotesi seguente: prendete un recipiente diviso in due compartimenti separati e comunicanti con una porticina. Il recipiente è termicamente isolato e contiene un gas tutto alla stessa temperatura: la legge dell'entropia dice che il gas non può compiere nessun lavoro. Per aggirare il problema Maxwell proponeva di mettere un diavolelto sulla porta di separazione tra i due comparti, il diavolelto con la sua vista acuta avrebbe dovuto aprire e chiudere la porta permettendo alle molecole più veloci della media di passare da sinistra a destra e a quelle meno veloci di passare da destra a sinistra. «Poiché le molecole più veloci corrispondono a temperature più alte e quelle meno veloci a temperature più basse, il gas che si trovava a destra avrebbe dovuto diventare sempre più caldo mentre quello che si trovava a sinistra diventava più freddo», non resta altro da aggiungere se non; «che una volta realizzata la differenza di temperatura si sarebbe potuto utilizzarla in una macchina termica per produrre lavoro utile».⁸

Maxwell proponeva quindi di invertire il processo entropico, partendo dalla situazione di un massimo d'entropia, senza fornire energia dall'esterno, e avrebbe così violato il secondo principio. A

parte l'ovvia considerazione che nel mondo reale nessuno saprebbe procurarsi il diavoletto, giusto per stare al gioco di Maxwell, supponiamo di poterne trovare uno adatto allo scopo e che voglia impegnarsi in quel lavoro. Potrebbe davvero operare senza violare il secondo principio? Stanley Angrist e Loren Hepler, in un articolo su «Texas Quarterly», analizzarono la storia del diavoletto e scoprirono che neanche lui avrebbe potuto aggirare la legge dell'entropia:

[Maxwell] supponeva che il suo diavoletto sarebbe stato in grado di avvertire la velocità (velocità e direzione) di ogni singola molecola e poi agire di conseguenza poiché deve orientarsi tra le due parti della cavità isolata, dove la temperatura è omogenea, l'uniformità della radiazione da entrambe le parti non gli permetterebbe di vedere nulla. L'omogeneità del mezzo all'interno del recipiente gli potrebbe permettere di avvertire la radiazione termica e le sue variazioni ma assolutamente non di vedere le molecole. Si può concludere che il diavoletto avrebbe bisogno di una sorgente di luce per interrompere questo equilibrio di radiazioni e dovremmo quindi dotarlo di una luce che gli permettesse di vedere le molecole. La luce apporterebbe al sistema un contributo energetico di alto livello, darebbe al diavoletto l'informazione necessaria a manovrare la porta per separare le molecole veloci da quelle lente, gli permetterebbe di aumentare l'ordine del gas in senso assoluto (e quindi diminuirne l'entropia), ma accrescerebbe disordine ed entropia nella sorgente luminosa. Per il sistema considerato nel suo insieme, sorgente luminosa, diavoletto e gas, si avrebbe un aumento netto dell'entropia come richiesto dal secondo principio. La macchina del moto perpetuo è impossibile.⁹

La cosa che più che altro dimostra questo esercizio è che «niente si può avere per niente, neanche un'osservazione».¹⁰

Il tentativo di Maxwell di sfidare la legge dell'entropia merita di essere ricordato soprattutto perché riflette il testardo rifiuto della comunità scientifica di riconoscere in tutte le sue

implicazioni quello che la legge dell'entropia significa per la scienza, la filosofia e la vita sul pianeta.

Mettendo ancor più alla prova la sua fantasia, Ludwig Boltzmann si gettò nella mischia, deciso a salvare la fisica classica dai continui attentati della legge dell'entropia. Il «teorema h» di Boltzmann è un notevole esercizio di abilità per accettare il secondo principio, mettendone tuttavia in dubbio la validità in senso assoluto. Boltzmann riconosceva la validità del secondo principio fino a un certo punto, era disposto a riconoscere che in un sistema chiuso l'entropia fosse in aumento, ma si rifiutava di ammettere che questa fosse una certezza assoluta. Preferiva il termine *probabilmente* a *certamente* cercando così di dare al secondo principio il carattere di una legge probabilistica o statistica. Secondo Boltzmann, per quanto l'idea che il calore possa transitare da un corpo caldo a uno freddo sia improbabile, non è comunque da ritenere impossibile.

È importante essere chiari su ciò che Boltzmann sosteneva, perché si tratta di argomenti presi ancora in seria considerazione da molti scienziati. Sir Arthur Eddington esamina con rigore la possibilità che il teorema di Boltzmann della probabilità si verifichi in senso favorevole, anche una sola volta, nel mondo reale. Egli propone come esempio un recipiente con due compartimenti uguali separati da una parete. Il primo compartimento contiene aria, il secondo è vuoto, la parete ha un'apertura e così l'aria può diffondere liberamente in tutto il recipiente. Eddington ammette che a un certo momento, in un futuro, possa verificarsi una probabilità che tutti i milioni di miliardi di molecole si diffondano per il recipiente con i loro movimenti casuali trovandosi tutte nel compartimento di destra e tutte nello stesso istante. Riguardo a quanto probabile possa essere un avvenimento del genere, la conclusione di Eddington è la seguente:

Se molte scimmie strimpellassero su delle macchine da scrivere, *potrebbero* scrivere tutti i libri del Museo Britannico. La probabilità

che esse lo facciano davvero è senza dubbio maggiore della probabilità che le molecole ritornino nella metà del recipiente."

Ancor più attento su questo punto è Nicholas Georgescu-Roegen. Vale la pena di citarne un lungo brano perché la sua critica della termodinamica statistica mette a fuoco il dibattito tra il paradigma meccanicistico e il nascente paradigma entropico.

Si deve ammettere che il profano viene portato fuori strada e viene a credere in un falso concetto di entropia dalle enunciazioni dei fisici della nuova scienza detta meccanica statistica e più propriamente termodinamica statistica. L'esistenza stessa di questa disciplina riflette il fatto che, a dispetto di ogni evidenza, la mente umana resta tenacemente attaccata, con cieca disperazione, all'idea di una realtà fatta di moto e nulla più. Un sintomo di questa idiosincrasia è stato l'estremo tentativo di Ludwig Boltzmann di darci una scienza termodinamica basata su un fondamento ibrido in cui la rigosità delle leggi meccaniche si intreccia con l'incertezza insita nel concetto di probabilità. Secondo questa nuova disciplina un mucchio di cenere potrebbe ridiventare capace di scaldare una caldaia, e così anche un cadavere potrebbe rinascere a una seconda vita facendo esattamente gli stessi passaggi della prima in ordine inverso, solo che la probabilità che si verificano questi eventi è incredibilmente bassa. Gli avvocati della meccanica statistica insistono a dire che se non abbiamo ancora assistito a «miracoli» di questo genere è solo perché non abbiamo ancora controllato un numero sufficiente di mucchi di cenere o di cadaveri.¹²

Abbiamo considerato il secondo principio dal punto di vista della conversione dell'energia che passa da uno stato di maggiore utilizzabilità a uno in cui non è più utilizzabile, o anche da uno stato in cui è più concentrata a uno in cui lo è di meno. Vi è ancora un altro modo, il più comprensivo di tutti, di considerare il secondo principio: la legge dell'entropia stabilisce che tutta l'energia esistente in un sistema isolato tende a portarsi da una

situazione di ordine a una di disordine. Lo stato di entropia minima, quello in cui le concentrazioni sono maggiori e l'energia utilizzabile è massima, è anche lo stato di maggior ordine, e, al contrario, lo stato di entropia massima, in cui l'energia utilizzabile è stata completamente dissipata e dispersa, è anche quello di maggior disordine.

Tutto questo corrisponde alle percezioni quotidiane del mondo intorno a noi. Le cose lasciate a se stesse non tendono a portarsi spontaneamente verso un ordine sempre maggiore. Chi ha cura della casa o lavora in un ufficio sa bene che gli oggetti a cui non si dà un po' di attenzione diventano via via sempre più disordinati e riportare tutto quanto in ordine consuma energie. Facciamo l'esempio di un mazzo di carte da gioco ordinate per numero e seme, massimo ordine e minima entropia. Gettiamo ora il mazzo sul pavimento e le carte si spargeranno in modo casuale e disordinato. Raccogliere le carte a una a una e riordinarle in un mazzo come si trovavano prima, richiederà ora più energia di quella spesa prima per spargerle.

Si deve mettere in evidenza che ogni volta che si contrasta l'aumento di entropia in un ambito ristretto, lo si può fare solo aumentando l'entropia globale dell'ambiente circostante, perché ogni volta che si fa qualcosa si dissipa una certa quantità di energia che diventa poi completamente inutilizzabile per gli impieghi successivi. L'energia dissipata va a sommarsi alla voragine di tutte le energie dissipate in tutti gli altri eventi del passato. Le conseguenze per la società che esce da una situazione del genere sono veramente incredibili. Citando Angrist e Hepler. «Ogni diminuzione localizzata dell'entropia, realizzata dall'uomo o da una macchina, è accompagnata da un aumento di entropia» di maggior entità, nell'ambiente circostante per cui inevitabilmente l'entropia globale resta sempre in aumento»,¹⁵

Albert Einstein ebbe una volta a meditare pensando quale delle leggi della scienza avrebbe potuto essere classificata come legge suprema e concluse con la seguente osservazione:

Una teoria è tanto più emozionante quanto più semplici sono le sue premesse, più diverse le categorie di fenomeni a cui si riferisce, più vasto il suo campo di applicabilità. Ecco perché mi ha sempre fatto una profonda impressione la termodinamica classica, l'unica teoria fisica di contenuto universale di cui sono convinto che, nel campo di applicabilità dei suoi concetti basilari, non verrà mai superata.¹⁴

Cosmologia e secondo principio

Quando gli scienziati si mettono a speculare sul secondo principio della termodinamica, alla fine arrivano sempre a chiedersi quanto ampia sia la sua applicabilità. Per esempio, la legge dell'entropia si applica al mondo macroscopico di stelle e galassie che costituiscono l'universo? In effetti proprio la legge dell'entropia costituisce la base di molte delle teorie cosmologiche esistenti. Già nel 1854 lo scienziato Benjamin Thomson per primo cominciò a dedurre dal secondo principio delle implicazioni cosmologiche. Secondo Thomson la legge dell'entropia ci insegna che:

molto tempo addietro, ma non un tempo infinito e tra molto ma non infinito tempo la Terra che non era adatta a ospitare l'uomo così come è oggi, nuovamente non lo sarà più a meno che non siano stati operati interventi che però appaiono impossibili con le leggi fisiche a cui dobbiamo sottostare nel mondo materiale di oggi.¹⁵

Due anni dopo Helmholtz formulò quella che è diventata la teoria cosmologica corrente basata sulla legge dell'entropia. La sua teoria della «morte termica» sosteneva che l'Universo scende lungo una china fino al punto in cui raggiungerà un massimo di entropia, o morte termica, quando tutte le forme di energia disponibile saranno state consumate e non esisterà attività alcuna. La morte termica dell'universo si presenta come uno stato di immobilità perpetua.

La teoria più largamente accettata oggi sull'origine e l'evoluzione dell'universo, è la teoria del *big bang*, concepita la prima volta da Canon Georges Lemaitre. Essa postula che l'universo abbia avuto inizio da un'esplosione di energia in una

forma estremamente densa e concentrata. Non appena quest'energia così concentrata iniziò a espandersi, cominciò anche a decadere formando galassie, stelle e pianeti e, continuando a disperdersi, perse sempre più il suo ordine iniziale, avviandosi verso un punto di massima entropia o stato finale di equilibrio nella morte termica. La teoria del *big bang* coincide con le formulazioni del primo e del secondo principio, ipotizza che l'universo abbia iniziato la sua vita con un ordine perfetto e che da allora stia muovendosi verso situazioni via via più disordinate. Non c'è da stupirsi che una teoria di questo tipo appaia familiare: sia la concezione della storia dell'antica Grecia sia quella del cristianesimo medioevale hanno molti punti in comune con la concezione cosmologica di storia dell'universo.

Se c'è una cosa strana è che noi, uomini dell'età moderna, accettiamo una storia dell'universo che inizia in uno stato di perfezione e termina nella decadenza e nel caos e continuiamo invece a sposare un concetto di storia del mondo terrestre che segue il cammino opposto cioè da uno stato di caos a quello di mondo «progressivamente» sempre più ordinato. La contraddizione è così evidente che non c'è da stupirsi che qualcuno abbia tentato altre teorie cosmologiche per aggirare la legge dell'entropia. Per alcuni anni è rimasta in voga la «teoria della creazione continua». Già nel 1948 tre giovani scienziati, Fred Hoyle, Thomas Gold e Herman Bondi suggerirono che in un universo in continua espansione, la morte termica, o massima entropia, potrebbe essere evitata se una quantità di entropia negativa venisse introdotta continuamente dal nulla. Se la quantità fosse appena sufficiente a compensare le perdite, l'universo andrebbe avanti senza fine, formando nuove galassie mentre altre vengono bruciate, come una cosmica macchina del moto perpetuo, vi sarebbero perdite in alcune zone dell'universo, ma quello che si guadagna in altre aree di questo teatro cosmico assicurerebbe il nondegrado dell'intero sistema. Sfortunatamente per Hoyle, Gold e Bondi, gli esperimenti scientifici fatti in seguito invalidarono la loro teoria. A partire dal 1960 gli astronomi

presero a contare il numero di sorgenti cosmiche di radio-onde andando indietro nel tempo e via via più in là nello spazio: per provare la validità la teoria della creazione continua essi avrebbero dovuto trovare un numero di sorgenti radio quanto meno invariato tra le epoche remote e quelle recenti. I risultati furono disastrosi per la teoria perché mostravano che nel passato più lontano il numero di sorgenti radio era molto più grande di quello di oggi, riconfermando la teoria del *big bang* e il secondo principio, l'entropia dell'universo che tende a un massimo e va verso la morte termica.

Altre evidenze vennero in seguito a invalidare la teoria della creazione continua dando un ulteriore sostegno alla teoria del big bang. Si è trovato che i quasar, fenomeni cosmici tra i più distanti di cui si abbia conoscenza, erano come le sorgenti radio, molto più numerosi nel passato. Furono infine due altri scienziati, Penzlas e Wilson, a dare il colpo finale alla teoria della creazione continua, con la loro scoperta di un «irraggiamento termico universale di fondo» per il quale semplicemente non esiste una spiegazione che possa renderne conto se una creazione continua fosse operante nell'universo.

Vi sono state, beninteso, altre teorie, per esempio la teoria ciclica che sostiene che l'universo passa per una serie indefinita di fasi di contrazione ed espansione e il *big bang* sarebbe soltanto l'ultimo di una serie passata che si ripeterà in futuro. Quando l'attuale fase di espansione dell'universo raggiungerà un punto di massima entropia, avrà inizio una fase di contrazione verso uno stato gradualmente sempre più ordinato fino a che l'intero universo verrà a trovarsi condensato in una massa critica della dimensione di un nucleo atomico e a quel punto esploderà ancora una volta verso gli spazi cosmici. Ai giorni d'oggi la teoria ciclica rimane essenzialmente una costruzione intellettuale con pochissimi dati sperimentali per accettarla o respingerla; tutto quello che possiamo dire con sicurezza è che, per il nostro piccolo sistema solare e per il pianeta Terra, la legge dell'entropia mantiene ancora un ruolo dominante tra tutte le altre leggi di natura.

Tempo, metafisica, entropia

Non vi è contesto in cui la legge dell'entropia sia così importante come lo è nella definizione del tempo. Sant'Agostino ebbe una volta a scrivere: «So cosa è il tempo quando nessuno me lo chiede, ma se cerco di spiegarlo a chi me lo chiede, non lo so più». ¹⁶ Nella visione meccanicistica del mondo il tempo è molto diverso da come si presenta nella visione entropica. In fisica classica il tempo può scorrere in entrambe le direzioni, i principi newtoniani sono basati su formule matematiche in cui ogni variazione nel movimento di un corpo è, in teoria, reversibile. Provatevi a immaginare un film che rappresenta delle palle da biliardo che si urtano le une con le altre e provate poi a invertire la pellicola e farla girare all'indietro: continuerà a sembrare perfettamente coerente anche nell'ordine inverso. Finché abbiamo a che fare con semplici corpi in movimento, in senso newtoniano, il tempo può essere altrettanto ben rappresentato sia in un verso $+t$ che $-t$. Supponiamo ora invece di presentare un secondo film con l'acqua che scende dalle cascate del Niagara, appena invertiamo la pellicola di questo secondo film tutto sembrerà ridicolo: l'acqua scorre adesso dal fondo e risale in cima alla cascata. Mentre il modello newtoniano, basato su formule matematiche, ci dice che in teoria l'acqua potrebbe andare in senso inverso e scorrere quindi verso l'alto, noi sappiamo benissimo che questo non può avvenire, e la ragione è nel secondo principio.

«Il tempo non aspetta nessuno.» «Il tempo se ne va.» «Non puoi tornare indietro nel tempo.» Questo è il punto: il tempo, nella nostra esperienza, è irreversibile, può andare in una sola direzione che è «in avanti», e a sua volta la direzione in avanti è indicata dalla variazione di entropia. Il tempo riflette le modificazioni che

subisce l'energia passando da uno stato più concentrato a uno più disperso o, in altre parole, da un ordine a un maggior disordine. Se un processo entropico potesse essere invertito tutto ciò che è stato fatto potrebbe ridiventare non fatto. Con le parole di lord Kelvin: «Le pietre si ricostruirebbero dal fango e si riunirebbero ai picchi delle montagne dai quali nel passato si erano staccate».¹⁷

Il tempo scorre in avanti perché è l'energia stessa a muoversi in una sola direzione, da uno stato di energia disponibile a uno dove non è più disponibile. Continuamente ci rendiamo conto delle variazioni di entropia nel mondo circostante, vediamo i nostri amici invecchiare e morire, sediamo accanto al fuoco e notiamo che le braci roventi si mutano lentamente in cenere bianca e fredda. Abbiamo la sensazione di un mondo che cambia continuamente attorno a noi e questa sensazione rappresenta il secondo principio che si svolge davanti ai nostri occhi: è il processo irreversibile di dissipazione dell'energia. Cosa significa dire: «Il mondo sta esaurendo il tempo a sua disposizione»? Semplicemente che noi avvertiamo il passaggio del tempo come successione di eventi che si svolgono uno dopo l'altro e ogni volta che succede qualcosa al mondo si consuma energia e l'entropia totale aumenta. Dire allora che il mondo sta esaurendo il tempo a sua disposizione vuol dire che il mondo sta esaurendo l'energia disponibile. Per dirlo con le parole di Sir Arthur Eddington: «L'entropia è la freccia del tempo».

Sia la visione del mondo degli antichi greci sia quella dei cristiani del Medioevo con la loro idea della storia come passaggio dall'ordine alla decadenza, riflettono un modo di vedere le cose che segue correttamente la direzione della freccia del tempo e dei processi entropici; al contrario, l'interpretazione del mondo della meccanica newtoniana, che ignorava la legge dell'entropia, ci ha lasciato l'illusione che lo scorrere del tempo fosse un processo autonomo, indipendente dallo svolgersi degli altri processi naturali. Lo stesso senso di alienazione dalla natura ebbe inizio con Francesco Bacone, che mostrava l'assoluta separazione dell'uomo dal suo ambiente. Infatti un punto cruciale del metodo

scientifico è sempre stato l'istituire completo distacco e neutralità tra l'osservatore e l'osservato, con la conseguenza di poter poi pensare di manipolare la natura tenendola a distanza e usarla per contribuire agli interessi materiali dell'uomo.

Identificato un modello di organizzazione del mondo che effettivamente separava uomo e natura, l'intrinseca relazione tra la vita, il tempo e i processi entropici era stata accantonata dalla coscienza comune. Da questo punto di vista non è difficile capire come Locke e i suoi contemporanei abbiano potuto delineare una visione del mondo completamente contraria a come le cose vanno nella realtà. La legge dell'entropia dice che ogni cosa in natura può trasformarsi soltanto in una direzione, da uno stato utilizzabile a uno non più utilizzabile e Locke sosteneva il contrario: dichiarando che tutti gli oggetti della natura sono come rifiuti finché gli uomini non se ne fanno carico e non li trasformano in risorse utilizzabili» ragionava come gli altri architetti del paradigma meccanicistico descrivendo un mondo che «progredisce» dal caos verso l'ordine. Anche riguardo allo scorrere del tempo, essi argomentavano che quanto più in fretta si trasforma la natura, tanto più si afferma il progresso, il mondo diventa più ordinato e una maggior quantità di tempo viene risparmiato e messo a nostra disposizione.

Questa visione del tempo e della storia è completamente obsoleta. Come abbiamo detto, il tempo può esistere soltanto in presenza di energia disponibile per compiere lavoro, la quantità di tempo che si è spesa è una misura indiretta della quantità di energia che è stata usata. Via via che l'universo va verso la fine dell'energia disponibile, sempre meno occasioni possono presentarsi ed è come dire che sempre meno tempo «reale» è ancora disponibile. Quando si raggiungerà l'equilibrio finale della morte termica, tutto cesserà di accadere, non esisterà più il tempo come percezione sensibile perché non succederà più nulla, ragion per cui, più rapidamente utilizziamo le risorse energetiche del mondo, sempre meno eventi lasciamo svolgersi e di conseguenza sempre meno tempo lasciamo al mondo. Di fatto non si risparmia

tempo spendendo più energia, anzi, al contrario, più energia si usa più si consuma il tempo disponibile. La prossima volta che qualcuno vi chiederà quanto tempo avete risparmiato usando più energia per fare una certa cosa più in fretta, pensate alla legge dell'entropia, alla freccia del tempo e poi a come siamo arrivati a vedere la storia a cavallo degli ultimi quattrocento anni.

Un ultimo aspetto che merita attenzione su entropia e tempo è che mentre il processo entropico ci indica la direzione del tempo, non ci dice nulla riguardo alla velocità. La ragione è che il processo entropico cambia continuamente velocità, tutto ciò che succede al mondo aumenta l'entropia, ma qualche volta più velocemente e qualche volta meno: dipende da quanti bambini nascono, da quanti fili d'erba muoiono, da quante automobili si costruiscono, da quante gocce di pioggia cadono a terra, da quanto vento soffia e da quanti ciottoli vengono sbriciolati in sabbia fine dalle onde che dilavano le spiagge di tutto il mondo.

Gli uomini hanno sempre dibattuto sulla storia, se sia predeterminata o se sia possibile esercitare la nostra volontà sullo svolgersi degli avvenimenti. La legge dell'entropia si presta più di tanti altri concetti, a indirizzare verso la soluzione del problema. Indicando la direzione del tempo, il secondo principio stabilisce i limiti entro i quali siamo costretti a operare, non possiamo invertire il tempo, né il processo entropico, i quali restano quindi predeterminati, possiamo invece esercitare il libero arbitrio nel determinare la velocità del processo. Ogni nostra azione come esseri umani che prendono iniziative in questo mondo può accelerare o ritardare il processo entropico e il modo in cui scegliamo di vivere e di comportarci determina quanto velocemente o lentamente si dissiperà l'energia disponibile sulla Terra. Questo è il punto in cui la scienza incontra la metafisica e l'etica. Nelle prossime sezioni esploreremo più a fondo le implicazioni globali di questa connessione tra libero arbitrio, determinismo e processo entropico prendendo in esame la natura delle tecnologie e le teorie economiche.

La vita e il secondo principio

Se l'entropia dell'universo è in costante aumento, come si spiega il processo della vita? Certamente gli esseri viventi mostrano una grande tendenza all'ordine e la stessa evoluzione sembra rappresentare il continuo aggiungersi di ordine su ordine a partire da uno stato di disordine. Nessuno potrebbe negare che un bambino che cresce e si sviluppa accumula su di sé i risultati di una grande quantità di energia. Ogni volta che ci fermiamo ad ammirare una pianta o un animale, restiamo stupefatti a considerare quanto siano ben organizzati tutti i miliardi di molecole che li costituiscono. Sembrerebbe proprio che la vita debba violare il secondo principio» vero? E invece non è così! Per molto tempo gli scienziati hanno fatto confusione su questo punto ma oggi riconoscono che anche la vita, come ogni altra cosa» non può sfuggire alla ferrea legge dell'entropia. Così dice Harold Blum nel suo pionieristico libro *Time's Arrow and Evolution* (La freccia del tempo e l'evoluzione, ndr): «La piccola diminuzione di entropia che si verifica localmente quando si forma un organismo è collegata con l'aumento, di entità molto maggiore, dell'entropia dell'universo».¹⁸

Gli esseri viventi riescono a muoversi in direzione opposta a quella del processo entropico perché assorbono energia libera dall'ambiente circostante. In definitiva la sorgente di energia libera è poi sempre il Sole. La vita di tutti, piante e animali, dipende dal Sole per la sua continuità, sia direttamente per le piante che attuano la fotosintesi, sia indirettamente quando gli animali si nutrono di piante o di altri animali. Ogni essere vivente, per dirla con le parole del premio Nobel per la fisica Erwin Schrödinger, sopravvive «traendo dal suo ambiente continuamente entropia

negativa. L'organismo si alimenta di entropia negativa. Un organismo si mantiene stazionario nell'assorbire continuamente ordine dall'ambiente». ¹⁹

In altri termini possiamo dire che anche tenendo conto di tutti gli organismi viventi la tendenza naturale è quella di muoversi verso l'equilibrio, noi esseri umani, per esempio, dissipiamo continuamente energia ogni volta che alziamo un dito o formuliamo un pensiero. Per evitare di dissipare tutta l'energia disponibile fino a uno stato di equilibrio e di morte abbiamo bisogno di un flusso costante di energia libera (entropia negativa) dal nostro ambiente che è relativamente più ampio. Chi non ne è convinto probabilmente non ha mai visto un cadavere: poche ore dopo la morte il corpo inizia a decomporsi disfacendosi poi in una massa totalmente indifferenziata.

In un primo momento gli scienziati ebbero qualche difficoltà a formulare un modello in cui i sistemi viventi si configurassero nel secondo principio, perché la termodinamica degli equilibri è relativa a sistemi chiusi, in cui non si ha scambio di materia, ma eventualmente solo di energia con l'esterno. I sistemi viventi sono sistemi aperti che scambiano materia ed energia con l'esterno e non possono mai trovarsi in una situazione di equilibrio mentre sono ancora in vita, perché l'equilibrio significa morte, ed è per questa ragione che gli esseri viventi cercano di mantenersi ben lontani dall'equilibrio e continuano a nutrirsi di tutte le forme di energia disponibile che trovano intorno realizzando una situazione che si chiama «stato stazionario». Quando materia ed energia cessano di fluire, l'organismo vivente abbandona lo stato stazionario e si avvia verso l'equilibrio e la morte, negli organismi viventi è soprattutto il flusso di energia che conta non il livello entropico. La scienza che studia questi fenomeni si chiama termodinamica del non-equilibrio e, per quanto i sistemi di non-equilibrio non si lascino spiegare con le stesse leggi dei sistemi in equilibrio, sottostanno tuttavia all'imperativo generale del secondo principio, come vedremo in seguito.

«Ogni oggetto vivente», disse Bertrand Russell, «è una specie di imperialista che cerca di trasformare quanta più massa può del suo ambiente, nel suo essere fisico e nella propria discendenza».²⁰ In questa ricerca di risorse, ogni vivente sul pianeta dissipa l'energia che fluisce attraverso il suo essere, rendendola, almeno in parte, non più utilizzabile, ed è ugualmente vero che anche la più piccola pianta mantiene la sua struttura ben ordinata a patto di creare grande disordine nel resto dell'ambiente. La pianta vive tramite la fotosintesi e assorbe entropia negativa dai raggi del sole. In questo processo solo una piccola frazione dell'energia solare viene catturata e usata, il resto viene dissipato e, se lo si paragona alla piccola diminuzione di entropia localizzata nella pianta stessa, sembra uno spreco enorme.

L'aumento di entropia si può illustrare in modo ancora più schematico con ciò che avviene nelle normali catene alimentari. Il chimico G. Tyler Miller provò a delineare una semplicissima catena alimentare per illustrare questo punto, la catena consisteva di: erba, cavallette, rane, trote ed esseri umani. Secondo il primo principio della termodinamica non ci può essere perdita di energia, ma tenendo conto del secondo principio, l'energia si converte in forme via via sempre meno disponibili a ogni passaggio della catena e quindi, guardando l'ambiente nel suo insieme, si deve ritrovare un maggior livello di disordine. Questo è esattamente ciò che avviene a ogni stadio del processo, quando la cavalletta mangia l'erba, la rana mangia la cavalletta e la trota mangia la rana, si ha una perdita di energia libera. Nel divorare una preda, dice Miller, «circa l'80-90% dell'energia viene dispersa nell'ambiente come calore»,²¹ soltanto un 10-20% rimane nei tessuti del predatore per essere trasferita allo stadio successivo della catena alimentare. Pensate ora un momento al numero di individui di una specie necessari a mantenere in vita la successiva specie più evoluta e impedirle di scivolare verso lo stato di massima entropia. «Servono trecento trote a mantenere un uomo per un anno, le trote a loro volta consumano 90,000 rane che mangiano 27 milioni di cavallette che vivono di 1000 tonnellate d'erba.»²²

Per mantenere un essere umano a un alto livello di «ordine» si deve impiegare l'energia di 27 milioni di cavallette o 1000 tonnellate d'erba. Possono sussistere ancora dubbi sul fatto che ogni essere vivente mantiene il suo stato ordinato a spese di un maggior disordine (ovvero energia dissipata) nell'ambiente circostante?

C'è un continuo passaggio di energia attraverso ogni essere vivente, energia che entra nel sistema a un livello più alto uscendone poi in uno stato più degradato, e gli organismi sopravvivono perché riescono ad accumulare entropia negativa dall'ambiente. La lotta per l'esistenza dipende da quanto ogni organismo è ben attrezzato per catturare l'energia disponibile. Il biologo Alfred Lotka fu uno dei primi a correlare il flusso di energia all'evoluzione biologica. Lotka affermò che ogni specie può essere vista come un diverso tipo di «convertitore» che cattura e utilizza l'energia disponibile e ogni organismo convertitore è attrezzato con una serie di strumenti che impiega per succhiare energia dal suo ambiente.

Per dirlo con Lotka, «la stretta prossimità dei principali organi di senso: occhi, orecchie, naso, papille gustative, terminazioni tattili dei polpastrelli, tutti vicini alla parte anteriore del corpo, al capo, alla bocca, si traduce in un unico messaggio».²³ Il messaggio sarebbe questo: gli organismi sono fatti per raccogliere energia e trasformarla, se non fossero fatti così non potrebbero sopravvivere. In tema di evoluzione, Lotka sostiene che la selezione naturale favorisce gli organismi «capaci di aumentare la massa del sistema vivente» la velocità di ricambio di materia e il flusso di energia fino a quando vi sarà un residuo di materia inutilizzata e di energia ancora disponibile».²⁴

L'affermazione che la selezione naturale favorisce gli organismi che trasformano la maggior quantità di energia, è stata modificata dallo stesso Lotka. Oggi tutti riconoscono che trasformare una grande quantità di energia dev'essere una caratteristica generale nei primi stadi di sviluppo di un ecosistema, quando c'è ancora un eccesso di energia disponibile» ma che le

diverse specie, ognuna delle quali tende a occupare un particolare *habitat*, devono specializzarsi nell'utilizzo delle capacità residue dell'ambiente usando meno energia con maggiore efficienza. I primi stadi di sviluppo, quando l'energia utilizzata è la massima possibile, vengono chiamati fasi di colonizzazione, mentre gli ultimi stadi con energie utilizzate al minimo sono detti fasi di climax.

L'*Homo sapiens* nel suo complesso dovrebbe avviarsi da una fase di colonizzazione a una fase di climax. Gli esseri umani, specialmente nelle società altamente industrializzate, continuano ad aumentare la quantità di energia utilizzata sia in ambito personale sia in ambito sociale, ma la crisi dell'uomo d'oggi è una crisi di transizione: nelle prossime età l'uomo si sarà stabilizzato nella sua fase di climax e darà alle sue attività un ordine tale da minimizzare i flussi di energia nei processi umani e sociali. Se non lo farà seguirà probabilmente il destino di altre specie che non seppero affrontare la transizione nei tempi passati. L'epopea della vita è cosparsa di specie estinte, non ci vuole nulla ad aggiungere un nome alla lunga lista.

Tutti noi siamo sempre stati abituati a parlare di evoluzione biologica in termini di progresso. Oggi ci accorgiamo che ogni specie più alta nella scala evolutiva trasforma una maggior quantità di energia, convertendola da una forma utilizzabile a forme non più utilizzabili, e che, nel processo evolutivo, ogni specie che viene dopo è più complessa della precedente e meglio attrezzata per trasformare l'energia disponibile. Quello che è veramente difficile da accettare è che quanto più avanti si va nella catena dell'evoluzione, più abbondanti diventano i flussi energetici e maggiore il disordine che si crea nell'ambiente considerato nel suo insieme. In queste condizioni la legge dell'entropia dice che l'evoluzione dissipa l'energia disponibile per la vita su questo pianeta.

Il nostro concetto di evoluzione è esattamente l'opposto. Pensiamo ancora che l'evoluzione» quasi per magia, crei nel suo complesso maggior valore e ordine sulla Terra. Oggi che

l'ambiente della nostra vita sta diventando così degradato e disordinato che lo si vede anche a occhio nudo, per la prima volta cominciamo a ripensare i nostri concetti di evoluzione, progresso e creazione di beni materiali. Nelle prossime sezioni torneremo sulle implicazioni che tutto questo sottende.

A parte tutti i ragionamenti che possiamo fare per spiegare e razionalizzare, non vi è modo di aggirare il problema: evoluzione significa creare isole di ordine sempre più grandi a spese di mari di disordine anch'essi sempre più grandi. Nessun biologo o fisico può negare questa verità, ma chi se la sentirebbe di entrare in un'aula universitaria o in una pubblica assemblea e ammettere che le cose stanno così?

Se questa interpretazione dell'evoluzione appare troppo deprimente, è solo perché siamo ancora così legati al paradigma vigente per il mondo, che tutti gli altri modi di organizzare il pensiero ci sembrano inaccettabili. Fino a quando non avremo riconosciuto e accettato che il secondo principio è alla base sia della vita sia dell'evoluzione, non saremo in grado di fare il passaggio dall'attuale fase di colonizzazione a quella di climax dell'esistenza.

Strumenti esosomatici ed energia

Tutti i viventi sono impegnati in una continua lotta per assicurarsi l'energia disponibile, prendendola da quello che sta loro intorno; solo l'*Homo sapiens* si è attrezzato con strumenti esterni alla sua persona per facilitarli il compito.

Le altre creature devono affidarsi alla loro anatomia, occhi, orecchie, naso, denti, artigli per impadronirsi dell'energia. Gli uomini, per via di un sistema nervoso e di un cervello più sviluppati, sono riusciti a espandere il naturale apparato biologico e a creare strumenti di ogni tipo. Gli scienziati e gli antropologi definiscono esosomatici questi strumenti, per distinguerli dagli organi endosomatici con i quali siamo venuti al mondo.

Parlando di strumenti esosomatici, vogliamo veramente includere tutto l'insieme degli strumenti che l'uomo usa per catturare, trasformare e utilizzare l'energia disponibile (entropia negativa) attraverso il suo sistema di vita. Abbiamo realizzato strumenti e macchine per ricavare energia dall'ambiente, abbiamo costruito case per conservare il calore e tenere al caldo il nostro corpo, abbiamo costruito strade, ponti e progettato tanti nuovi modi per viaggiare e per trasportare l'energia da una località a un'altra, abbiamo escogitato linguaggi, norme, istituzioni economiche e governi per organizzare meglio i processi di distribuzione dell'energia.

Tutte queste attività esosomatiche, considerate nel loro insieme» costituiscono una larga fetta della cultura dell'umanità perché a ben guardare, lo sviluppo sociale è in sostanza un tentativo di creare sacche di ordine che permettano di dare continuità alla sopravvivenza dell'essere umano. Come tutte le creature viventi, anche noi esseri umani sopravviviamo grazie alla

capacità di mantenere un flusso costante di energia e la nostra cultura serve da strumento per ricavare questa energia dall'ambiente. Il primo e il secondo principio della termodinamica diventano così i supremi principi operativi a cui devono sottostare tutte le culture e le civiltà, così come avviene per tutto il resto dell'universo. L'illusione di poter lasciare fuori dalla porta i due principi è pericolosa, come lo è il concetto che si possa sopravvivere senza un flusso costante di energia attraverso i nostri sistemi.

Se dovessimo riassumere in poche categorie tutta la complessità dell'agire che si svolge in una cultura, i termini *trasformare*, *scambiare* ed *eliminare* l'energia, si troverebbero di sicuro ai primi posti nella lista. Tutti si trovano impegnati, e spesso pesantemente, in uno o più di questi processi ma è anche difficile riconoscerli per quello che sono perché sono associati ad attività che con la natura poco o nulla hanno a che vedere. Se però trovassimo il tempo per rimuovere, strato dopo strato, tutto l'accumulo culturale che si è depositato nei secoli troveremmo che in fondo si tratta sempre di energia trasformata, scambiata ed eliminata, Se vi sembra strano» provate voi stessi: prendetevi un'intera giornata per osservare tutte le cose con cui venite a contatto, cose che potete vedere, toccare» annusare, ascoltare, sentire o consumare, cose che potete cambiare e anche scambiare, Provatevi poi a seguire le tracce di ogni oggetto o avvenimento in entrambe le direzioni, indietro fino alla sua origine e in avanti fino alle ultime conseguenze. È estremamente probabile, e in pratica garantito, che ogni traccia parta da qualche forma di materia prima o energia libera e che termini con qualche rifiuto non più utilizzabile o energia esaurita.

Alla base della cultura umana, come alla base di tutta la vita, vi è dunque energia e quindi in ogni società il potere, in ultima analisi, appartiene a chi ha il controllo degli strumenti esosomatici che servono a trasformare, scambiare ed eliminare energia. Le divisioni di classe, lo sfruttamento, i privilegi e la povertà dipendono da come si è delineato il flusso di energia in una certa

società, chi controlla gli strumenti controlla anche le linee di flusso, determina come si divideranno il lavoro e le ricompense economiche tra i vari gruppi e membri della società.

E' da molto tempo che gli antropologi hanno capito che le basi energetiche di un determinato ambiente sono di primaria importanza per dare forma a una cultura, essi dividono le età più importanti della storia in base ai cambiamenti che le civiltà hanno introdotto per organizzare il loro ambiente. Per queste ragioni diventa importante dare uno sguardo alle caratteristiche specifiche di questi periodi epocali e al filo conduttore che tutti li percorre. Questo filo è la legge dell'entropia.

Parte terza

Entropia: un nuovo contesto storico

Storia e spartiacque entropici

Les gens heureux n'ont pas d'histoire. È un vecchio detto francese che significa: «I popoli felici non fanno la storia», e c'è un altro proverbio americano che dice: *Necessity is the mother of invention*, «La necessità aguzza l'ingegno». Mettiamo insieme questi detti popolari e avremo spiegato buona parte della storia.

A questo punto gli storici protesteranno e sosterranno che il mondo è molto più complesso: vi sono sottigliezze, sfumature, aspetti nascosti e spinte inconscie che bisogna prendere in considerazione. Arnold Toynbee insisterà nel dire che la storia delle società è in realtà una lunga serie di sfide culturali e ambientali con rispettive risposte. Oswald Spengler sosterrà che la storia delle civiltà è un processo ciclico di nascita, maturazione e morte, come del resto la vita. Ortega y Gasset ribatterà che la storia è un processo di livellamento in cui la creatività prorompente di una minoranza carismatica viene presa e metabolizzata dalle masse che la rendono stupida e senza vita. Marx ci insegnerà che la realtà storica è dialettica e materialista e che ogni realtà che si manifesta contiene già i semi della sua distruzione e l'embrione di una nuova realtà che andrà a sostituirla.

Ognuno di questi maestri ha identificato una parte di quel *puzzle* che è la storia e che, come ogni altro *puzzle*, è più difficile da ricostruire se non si conosce prima ciò che rappresenta.

La chiave per capire il *puzzle* è la legge dell'entropia, e anche i due proverbi di cui sopra. Provate a riportare a livello personale la storia e tutto vi sembrerà subito più chiaro. Quando io e voi ci sentiamo felici e contenti di come ci va la vita, ben difficilmente, se mai lo faremo, ci troveremo ad accarezzare l'idea di un cambiamento radicale nell'andamento delle cose. Perché

dovremmo farlo? e inoltre, come dice il proverbio: «non fermare mai qualcosa che funziona»,

A livello personale di solito si comincia a pensare a cambiamenti radicali del proprio comportamento solo quando la vita in qualche modo non ci soddisfa più. Abbiamo tutti provato la sensazione di crisi personale, il trauma di dover riesaminare la vita passata e la paura di dover tentare qualcosa di nuovo e inesplorato, ed è proprio in quei momenti che si comincia a pensare, a volte tumultuosamente, alle possibili vie di uscita, gli umori cerebrali cominciano a spremersi dalla mente e dalla sfera emotiva e si prova cosa vuol dire cambiare continuamente direzione tra un'alternativa e l'altra. Finalmente poi ci imbattiamo in una o più alternative che ci sembrano abbastanza sensate da poterle perseguire responsabilmente, almeno fino a che non sopravviene la prossima crisi.

Le storie personali non sono molto diverse dalla storia delle società: in entrambe, la felicità contrassegna i periodi vuoti e le crisi quelli inventivi. Purtroppo, quello che sostengono quasi tutti gli storici moderni è esattamente il contrario, per cui, se ci facciamo guidare dal buon senso, dobbiamo fermarci un momento a considerare le loro idee sull'argomento.

La teoria storiografica detta dell'ozio o del superfluo sostiene che i cambiamenti di ampia portata si verificano quando le persone possono dedicarsi a libere attività dopo aver accumulato opulenza ed eccesso di beni e quindi hanno tempo per pensare, sperimentare, meditare. Per esempio, è stato spesso enfatizzato che le società di cacciatori-raccoglitori non avrebbero mai potuto passare all'agricoltura se non fossero prima riuscite ad accumulare i loro surplus, perché, trovandosi sempre sull'orlo della fame, «avrebbero avuto serie difficoltà a mettere da parte qualche loro risorsa per un eventuale futuro raccolto». ¹ In altri termini, quelle persone affamate non avrebbero mai potuto trascurare la caccia e la raccolta per cinque o sei mesi all'anno e dedicarsi a coltivare i campi.

Sono argomentazioni che a prima vista sembrano razionali, ma che non reggono a un esame più approfondito. Proviamo per prima cosa a pensare a una società di cacciatori-raccoglitori che

riesca a disporre di risorse sovrabbondanti, diciamo che il loro ambiente è fornito di animali, bacche, nocciole e altri frutti più di quanto basta a soddisfare ogni loro esigenza. Perché mai in una tale situazione dovrebbero rivoluzionare tutto il loro stile di vita per andare incontro a una nuova esistenza incerta, rischiosa e sconosciuta, coltivando la terra? Semplicemente no! Non lo faranno. La gente non distrugge i suoi usi e costumi quando le cose vanno così bene.

Il fatto è che, secondo la visione del mondo moderna, la storia è un percorso in progresso costante, in cui la sovrabbondanza di ogni periodo fornisce un margine di tempo libero per inventare nuovi strumenti e tecnologie, che a loro volta permettono di ottenere beni sempre più sovrabbondanti, liberando ancora più tempo per la scoperta di strumenti e tecnologie ancora più avanzati con i quali ottenere ancora più beni e tempo libero. Il mondo meccanicistico newtoniano deve mantenersi continuamente in moto, migliorare e ingrandirsi, e accompagnandolo nel processo le nostre vite diventeranno via via più sicure e confortevoli. Questa è attualmente la nostra visione del mondo, la realtà dal nostro punto di vista, e non ci preoccupiamo se il mondo intorno a noi diventa così confuso. Spesso la storia si svolge al contrario di come siamo stati abituati a pensare.

Tutte le evidenze indicano che i cacciatori-raccoglitori iniziarono a coltivare spinti dal bisogno. La selvaggina e le piante commestibili diventavano sempre più rare, i territori esaurivano le loro risorse uno dopo l'altro, e anche colonizzare nuove terre divenne impossibile. La crisi di sopravvivenza obbligò a sperimentare, nuove idee vennero messe alla prova e gradualmente l'agricoltura prese ad avanzare» mentre le vecchie usanze della caccia e raccolta si rivelavano sempre meno economiche. Molti studi sulle poche società di cacciatori-raccoglitori rimaste supportano la tesi: «depauperamento - crisi - sperimentazione». Del resto, non abbiamo da guardare soltanto questo cambiamento epocale, perché abbiamo documenti di altri grandi mutamenti nella cultura dell'umanità, in tempi più recenti» i quali dimostrano

che il cambiamento, con poche eccezioni, avviene in seguito all'esaurirsi delle risorse esistenti e non quando si instaura un'epoca di abbondanza. Tutto ciò significa che la storia rispecchia il secondo principio della termodinamica. Ricordiamoci che l'andamento dell'entropia tende sempre verso un massimo e a ogni evento una porzione di energia viene dissipata per sempre. Ogni volta che il risultato dell'accumulo di entropia è un cambiamento di caratteristiche delle fonti energetiche di tutto l'ambiente, si incontrano gli spartiacque critici del corso della storia. In corrispondenza di questi punti di transizione i vecchi strumenti della civiltà diventano inutilizzabili. L'entropia dell'ambiente diviene così elevata che si passa a un nuovo quadro di risorse energetiche, si creano nuove tecnologie e si configurano nuove istituzioni sociali, economiche e politiche.

La legge dell'entropia ci dice anche che ognuno di questi salti qualitativi è più duro ed esigente, in termini di richiesta energetica, di tutti quelli che l'hanno preceduto, e questo perché le riserve di energia più disponibile sono state dissipate e quindi quelle che restano hanno un livello qualitativo sempre più basso. Dato che la sopravvivenza dipende dall'energia disponibile, la vita umana diventerà via via sempre più dura e sarà necessario sempre più lavoro, non meno lavoro, per strappare le risorse vitali a un ambiente sempre più avaro. Poiché il tempo quotidiano non sarà più sufficiente perché un essere umano da solo faccia tutto il lavoro richiesto da questi ambienti energeticamente avari, diventeranno necessarie tecnologie sempre più complesse, adeguate ogni volta al momento storico, solo per mantenere l'esistenza umana a un costante e modesto livello medio.

I sostenitori del paradigma newtoniano non riescono a digerire queste considerazioni. Essi ribattono che le nuove tecnologie, essendo più sofisticate, continueranno a creare ricchezza sostituendo l'energia fisica dell'uomo con altra energia non umana ma più efficiente, e che tutto ciò ridurrà la fatica di vivere per tutte le persone. In questo consisterebbe sostanzialmente il progresso e in effetti non è raro trovare chi misura il progresso culturale in termini di progresso nell'utilizzare fonti di

energia diverse da quelle del corpo umano. Nelle società di cacciatori-raccoglitori ognuno doveva dipendere dalla potenza dei suoi muscoli come fonte primaria di energia. Se pensiamo che un adulto è mediamente in grado di generare un decimo di cavallo-vapore e paragoniamo questo dato con le migliaia di cavalli-vapore di cui dispone oggi un americano medio, apparirà ovvio, secondo i sostenitori di queste tesi, che la storia è in continuo progresso e che le persone stanno meglio oggi che nei secoli remoti. Dietro quest'ordine di ragionamenti c'è sempre un assunto di base: più il flusso energetico è intenso, più una società risulta efficiente e più risulta in grado di far progredire la civiltà rendendo quindi il mondo più ordinato.

È giunto il momento di stroncare una volta per tutte queste idee pazzesche. È vero che ogni importante miglioramento tecnico accelera, in genere, il processo di cattura e sfruttamento dell'energia, ma ricordiamoci che l'energia non si crea e non si distrugge, può essere soltanto trasformata, e a senso unico, cioè da disponibile a non più disponibile, per cui ogni cosiddetto miglioramento di efficienza, caratterizzato da nuove tecnologie ideate per accelerare i flussi energetici, riesce soltanto ad accelerare il processo di dissipazione e disordine nel mondo. Tutte le volte che il processo di un più veloce scorrimento energetico ha preso piede, si sono accorciati i tempi per raggiungere il successivo spartiacque entropico. Ci sono volute centinaia di migliaia di anni per depauperare l'ambiente che sosteneva le società dei cacciatori-raccoglitori, prima che fossero costretti a passare a un'economia basata sull'agricoltura. Ci sono volute decine di migliaia di anni prima che le popolazioni «dovessero» finalmente passare da un contesto agricolo a uno industriale e nel volgere di poche centinaia di anni gli uomini hanno esaurito le risorse base di questo mondo industriale e ora si trovano di fronte a un nuovo spartiacque entropico.

Contrariamente all'idea dominante, essere più efficienti non vuole dire applicare sempre più energia per persona per la sopravvivenza e tanto meno se per efficienza si intende una riduzione del lavoro. È piuttosto vero il contrario e cioè che il

lavoro, in definitiva, non è altro che un utilizzo dell'energia disponibile e oggi, nel mondo moderno industrializzato, per mantenerci dobbiamo «utilizzare» centinaia di volte più energia, rispetto all'antichità. Se questo ragionamento ci delude perché pensavamo di effettuare «meno» lavoro, solo perché questo viene compiuto dalle macchine e non a forza di muscoli, allora vuol dire che ci eravamo grossolanamente sbagliati.

Nel corso della storia si sono avute culture straordinarie che hanno avuto la capacità di sopravvivere per lunghi periodi di tempo sfrattando le energie dello stesso ambiente: evidentemente erano riuscite a passare da una situazione di colonizzazione a una di climax. Per queste culture, l'adattarsi all'ambiente esistente aveva significato rallentare i flussi di energia e quindi anche l'incremento entropico globale dell'ambiente. Ovviamente, nella realtà del mondo, anche nelle situazioni di climax meglio adattate risulta impossibile impedire che si verifichino cambiamenti qualitativi della situazione energetica in un particolare ambiente. Il problema è sempre lo stesso: quanto velocemente o quanto lentamente si raggiungeranno i successivi spartiacque entropici. È interessante notare che le culture che sono riuscite a passare a uno «stato stazionario» di equilibrio con il loro ambiente avevano la tendenza a considerare il mondo come un sistema chiuso, già tutto occupato, e senza vie d'uscita. Per loro, «vivere entro i loro limiti» era come una seconda natura.

La visione moderna del mondo continua comunque a rispecchiare dei concetti molto diversi. Il paradigma meccanicistico enfatizza il movimento, premia la propulsione e le distanze, è costruito su un modello di crescita costante. Lo spirito della nostra epoca è spirito di espansione e di conquista, dopo tutto ci saranno sempre nuovi mondi da conquistare. La popolazione umana, se si escludono gli ultimi tempi, è raddoppiata ogni quarant'anni e ha riempito ogni angolo del mondo, dove oggi restano solo posti in piedi. Abbiamo sempre più difficoltà a individuare fonti energetiche utilizzabili e ancor più a trovare discariche per le risorse esaurite. Stiamo veramente raggiungendo i limiti estremi del pianeta Terra e ci stiamo spingendo a gomitate

l'uno con l'altro, mentre una voce nuova comincia a farsi sentire dall'interno della mischia, una voce che diventa via via più forte e continua a dire che dovremmo imparare a «vivere entro i nostri limiti». Per l'*Homo sapiens* l'età della colonizzazione è veramente superata.

Vi sono ancora persone che rifiutano di riconoscere anche ciò che è ovvio, la mentalità della frontiera resta viva, particolarmente tra gli entusiasti dello spazio, pronti ad annunciare che potremo pur sempre partire per colonizzare e sfruttare altri pianeti. Non c'è possibilità di risposta a queste aspettative: inviare nello spazio soltanto i nuovi nati di sei giorni sulla Terra costerebbe l'equivalente di tutto il nostro prodotto nazionale lordo di un anno, e inoltre gli astronomi ci dicono che il sistema solare più vicino al nostro, con pianeti che, forse, potrebbero avere un clima anche paragonabile, dista dieci anni-luce e quindi, con la tecnologia di oggi, ci vorrebbero centinaia di anni per raggiungerlo. Dopodiché, nessuno ci assicura che la vita come noi la conosciamo potrebbe mantenersi. Infine è semplicemente ridicola l'idea di poter ricavare da altri pianeti risorse utili, minerali o altro, e rispeditarle alla Terra nelle quantità che servirebbero. Sta già diventando proibitivo il costo per ricavare dal suolo materie prime, per cui anche supponendo di individuare un pianeta con risorse in qualche modo utilizzabili non ci sarebbe modo di affrontare i costi di scavo e di trasporto di materiali da luoghi così distanti,

È invece soltanto la scelta cosciente di rispettare i limiti fisici di questo sistema chiuso chiamato pianeta Terra che ci permetterà di mettere mano a tutte le ristrutturazioni essenziali per assicurare la nostra continuità come specie. La nostra sopravvivenza, come del resto la sopravvivenza delle altre forme di vita, dipende dalla nostra volontà di far pace con la natura e cominciare a vivere in spirito di cooperazione con il nostro ecosistema. Se lo faremo, lasciando ai processi naturali il tempo di sanare le ferite già aperte sulla Terra, possiamo sperare, per noi e per gli altri esseri viventi, in un lungo periodo di sopravvivenza e di salute su questo pianeta.

Se invece -ostinatamente rifiutiamo di passare al cambiamento e continuiamo la via intrapresa della colonizzazione, distruggendo ogni cosa sul nostro cammino, ci potremo trovare in futuro senza più alternative, una volta raggiunto il punto critico in cui le risorse di materia ed energia sul pianeta saranno così degradate e il suolo e l'atmosfera così inquinati dai gas serra, che anche cambiando completamente rotta verso un modello di climax, vi sarà troppo poco tempo perché il naturale processo di riciclo possa ripristinare un minimo di equilibrio ecologico necessario alla continuazione della vita.

La transizione da un modello di colonizzazione a uno di climax è il più totale cambiamento esistenziale che la nostra specie si sia mai trovata ad affrontare. Questo bivio è ora davanti a noi.

L'ultimo grande spartiacque energetico

Ancora una volta la storia segue la legge dell'entropia, ce lo dimostrerà una breve rivisitazione di due delle più importanti epoche storiche. Diamo una rapida occhiata all'Europa occidentale tra il Quarto e il Diciannovesimo secolo. Gli storici dividono questa fascia di quindici secoli in due parti: i secoli bui e il Medioevo, e poi l'età industriale, considerando il Rinascimento come un periodo di transizione tra le due epoche.

I libri di scuola in genere attribuiscono al grande risveglio della mente umana la transizione dal Medioevo all'età moderna, come se per qualche strana ragione l'umanità avesse deciso di smettere di pensare e di ibernarsi per un periodo di più secoli. Per quanto gli studiosi abbiano dissertato a lungo sul significato della riforma protestante, dell'affermarsi di una classe borghese e del capitalismo, dell'apertura delle grandi vie commerciali e delle metamorfosi che ne sono derivate, pochi hanno dedicato il loro tempo a discutere un'altra delle cause portanti del mutamento. Fra il Tredicesimo e il Sedicesimo secolo l'Europa occidentale si trovò su uno spartiacque entropico: il legno, base energetica della civiltà medioevale, diventava sempre più scarso, la popolazione in crescita aggravava il problema della scarsità e la ricerca di alternative valide alla fine portò a sostituire il legno con il carbone. Spostandosi da un quadro energetico basato sul legno a uno basato sul carbone, l'organizzazione della vita in Europa occidentale dovette cambiare radicalmente. Il passaggio da una materia a un'altra fu una delle cause più determinanti dell'abbandono dell'età medioevale e dell'emergere della rivoluzione industriale.

Chi visita l'Europa oggi resta impressionato da come tutti gli spazi disponibili siano ben utilizzati, ogni cosa sembra divisa in forme e dimensioni geometriche assemblate con precisione, anche

gli spazi pubblici hanno un aspetto ordinato, quasi a suggerire che l'intero continente sia stato pianificato e sagomato nei più piccoli dettagli, fin dall'inizio dei tempi. È difficile immaginare che nel Quarto secolo tutto il continente fosse coperto da fitte foreste che si stendevano dalle Alpi fino alla penisola scandinava. Un uccello avrebbe potuto volare sopra le chiome degli alberi per centinaia e centinaia di miglia e vedere solo occasionalmente qualche radura da cui poteva salire un po' di fumo proveniente da un braciere e vicino poche capanne con tetti di paglia e venti o trenta persone che andavano avanti e indietro al margine della foresta.

I terreni in Europa occidentale erano molto diversi dalle regioni semiaride del Medio Oriente, dove il suolo per la sua composizione risulta più leggero. Nel clima umido dell'Europa il suolo era il più delle volte pesante e consistente e quindi molto più difficile da arare e si resero quindi necessari dei cambiamenti nelle tecniche di coltivazione che avrebbero poi profondamente influenzato il futuro sviluppo del continente.

Il vecchio aratro a chiodo dei romani non era abbastanza robusto da rivoltare i ricchi e pesanti terreni dell'Europa centrale e, a partire dalla metà del sesto secolo» i contadini slavi cominciarono a usare un nuovo tipo di aratro più pesante, a due lame e con ruote. L'aratro trasversale era attrezzato con: «una lama verticale che apriva la linea del solco, un vomere orizzontale e un'ala che rivoltava la zolla». ² Questo nuovo tipo di aratro attaccava il terreno con tale forza che non era più necessario fare le due tradizionali arature del campo incrociate.

Il nuovo aratro trasversale cambiò l'intera organizzazione della società agricola, perché pesante com'era richiedeva un tiro di otto buoi per muoverlo e nessuna famiglia di contadini possedeva tanti buoi, per cui le squadre di tiro dovettero essere utilizzate in cooperativa. Altra conseguenza importante fu che usando i nuovi aratri trasversali che lavoravano bene solo in grandi campi aperti, diventava poco pratico continuare a dividere i terreni in tanti piccoli appezzamenti privati. Per queste due ragioni la società basata su pratiche agricole comuni divenne il modello di molti stati feudali del Nord Europa.

A partire dal Nono secolo» l'aratro trasversale era stato ormai introdotto nella maggior parte del continente. La sua speciale efficacia nell'arare i ricchi terreni alluvionali portò alla deforestazione dei boschi di pianura, miglio dopo miglio, man mano che la popolazione in continuo aumento metteva a coltura sempre nuove estensioni di terreno.

Altre due innovazioni tecnologiche seguirono l'introduzione dell'aratro trasversale. In alcune zone del Nord Europa, dove il terreno era particolarmente ricco» la crescita della popolazione richiedeva un corrispondente aumento dei raccolti. Una delle soluzioni fu di passare dal tradizionale sistema di rotazione agraria a due campi a un sistema a tre campi: nel sistema a due campi una metà del terreno veniva lasciata incolta a turno per riguadagnare fertilità, nel sistema a tre campi invece solo un terzo rimaneva incolto per un anno. Vi erano parecchi vantaggi, la produttività aumentava di un terzo e si risparmiava un nono del lavoro di aratura che si sarebbe dovuto fare, Naturalmente il vantaggio a breve termine che si andava creando con l'aumento della resa agricola esauriva il terreno più in fretta di quello che sarebbe avvenuto con la rotazione a due campi e quindi lo sfruttamento più intenso del terreno con il sistema a tre campi accelerava la dissipazione dell'energia del suolo e favoriva il processo entropico.

La rotazione a tre campi permise anche di sostituire i buoi con i cavalli. I cavalli lavoravano a velocità doppia dei buoi ma richiedevano grano e avena per nutrirsi e il sistema a tre campi permise di ottenere quella sovrabbondanza, soprattutto di avena, necessaria a mantenere una mandria di cavalli. Prima di poter effettivamente usare i cavalli, tre ulteriori miglioramenti si resero necessari: il collare da cavallo, di forma moderna, adottato dall'Undicesimo secolo, i ferri da cavallo inventati in quel periodo e un metodo di bardatura a coppie che dovette essere perfezionato, Questi tre passi in avanti permisero alle squadre di cavalli di tirare i più pesanti aratri e dissodare i terreni molto più rapidamente di prima.

L'aratro trasversale, il sistema di rotazione a tre campi e le squadre di cavalli aumentarono fortemente la produzione delle

terre coltivate e aprirono la via per mettere a coltura nuovi grandi appezzamenti di terra.

Una certa opulenza agricola tra il Nono e il Dodicesimo secolo favorì un continuo e regolare aumento della popolazione, che a sua volta sentiva sempre più il bisogno di sovrasfruttare i terreni già messi a coltura e a disboscare qualche residuo terreno marginale per coltivarlo. Si era innescato un circolo vizioso, una caratteristica che precede tutti i maggiori spartiacque entropici, anche in questo caso i successivi perfezionamenti tecnologici portarono ad accrescere i flussi energetici, la popolazione e il processo entropico. A partire dalla metà del Quattordicesimo secolo lo spartiacque si poteva dire raggiunto, la popolazione aveva dato fondo alle sue riserve energetiche, l'esaurimento dei suoli e una crescente scarsità di alberi ad alto fusto minacciavano gli abitanti dell'Europa settentrionale e occidentale. L'introduzione dei mulini a vento in alcune parti dell'Europa (e l'intenso sfruttamento dei mulini ad acqua) spinsero ancora di più a coltivare terre già considerate non lavorabili, ma tutto a spese delle foreste ulteriormente depauperate e con una popolazione ancora in aumento. Secondo lo storico William McNeill:

Molte parti dell'Europa nord-occidentale, a partire dal Quattordicesimo secolo, avevano raggiunto una sorta di saturazione umana. Il grande rinnovamento che era iniziato all'incirca nel Novecento portò a moltiplicare castelli e campi coltivati su tutti i territori finché, almeno nelle regioni più fittamente popolate, ben poche foreste riuscirono a sopravvivere. I boschi erano di importanza vitale per fornire combustibile e come fonte di materiale da costruzione e il loro impoverimento creava pesanti problemi alla presenza umana.'

La popolazione delle città in crescita contribuiva ad aggravare il problema economico perché quelle persone dovevano essere nutrite. Le città cominciarono a fiorire nell'Undicesimo secolo come centri commerciali in cui scambiare le eccedenze agricole, ma con una popolazione che cresceva più del prodotto agricolo

non c'erano più eccedenze da mettere in vendita e le città minacciavano il collasso. L'intero tessuto economico, sociale e politico della vita medioevale si disintegrava, e fu proprio all'arrivo di questa congiuntura che una nuova fonte di energia, in parte usata ancora oggi, cominciò a prendere piede.

Per capire l'ampiezza della crisi energetica medioevale bisogna rendersi conto di quanto il legno fosse essenziale per la vita di quei tempi. Come avviene oggi con i combustibili fossili, il legno veniva allora usato più o meno per fare qualsiasi cosa. Lewis Mumford provò a compilare un elenco di casi particolari:

Gli attrezzi del carpentiere, ad eccezione delle lame, erano di legno, e così i rastrelli, il giogo dei buoi, il carro, la vasca da bagno, il mastello, la scopa, e, in certe parti d'Europa, gli zoccoli del povero. Il legno serviva al contadino ed al tessitore: il telaio e l'arcolaiò, i torchi dell'olio e del vino erano di legno ed il torchio da stampa si fece in legno per tutto un secolo dopo la sua invenzione. Le stesse tubazioni che portavano l'acqua alle città erano spesso costituite da tronchi di legno, e così pure i cilindri delle pompe... Naturalmente le navi erano fatte e tenute insieme col legno... tutti i più importanti macchinari dell'industria erano fatti di legno,⁴

Mumford riassume l'importanza del legno per la vita di quel periodo osservando che: «come materia prima, strumento, macchina, utensile e attrezzatura, come prodotto finale e come combustibile, il legno era la risorsa industriale predominante».⁵

Tagliare le foreste per farne colture aveva già fortemente ridotto la disponibilità di legno, ma fu l'accelerazione delle altre attività commerciali che portò a una vera fame di tronchi d'albero. Per esempio, la nuova industria del vetro e del sapone richiedeva grosse quantità di cenere di legna, ma la più forte domanda veniva dalla produzione del ferro e dalla costruzione delle navi. A partire dal Sedicesimo secolo e fino all'inizio del diciassettesimo la crisi di alberi si fece così acuta in Inghilterra che furono istituite dal re commissioni per regolare il taglio delle foreste, ma ogni normativa

si dimostrò inefficace. Nel 1630 il legno era diventato due volte e mezzo più caro di quanto fosse alla fine del Quindicesimo secolo.

Il carbone poteva essere la soluzione della crisi del legno, ma non si trattava solo di sostituire una fonte di energia con un'altra nuova, perché ormai le culture in tutta Europa erano intimamente legate alle forme di sopravvivenza basate sul legno. Cambiare significava sradicare completamente uno stile di vita: come la gente andava in giro, come vestiva, come si comportava, come i governi governavano, tutto avrebbe dovuto essere rivoluzionato e rimesso a nuovo.

Questa rivoluzione ebbe inizio in Inghilterra sotto il regno di Enrico II nel Tredicesimo secolo. La popolazione di Newcastle era rimasta senza legna da ardere e moriva letteralmente di freddo, fu in quell'occasione che il re permise l'estrazione del carbone come fonte alternativa di energia.

Nel Quindicesimo secolo papa Pio II scriveva che trovandosi in Scozia per una visita pastorale era rimasto sorpreso nel vedere file di straccioni davanti alle porte di una chiesa che «ricevevano per elemosina dei pezzi di pietra nera con i quali se ne andavano via contenti. Questa pietra si bruciava al posto del legno del quale il loro Paese era ormai rimasto privo». ⁶ A partire dal 1700 il carbone aveva cominciato a sostituire il legno come base energetica per l'Inghilterra e nell'arco di 150 anni la stessa cosa si sarebbe verificata per la maggior parte dell'Europa occidentale.

Oggi possiamo pensare che la sostituzione del legno con il carbone sia stato un grande passo in avanti, un trionfo delle forze del progresso, ma a quei tempi sarebbe stato ben difficile convincere la gente a condividere l'entusiasmo. Il carbone veniva considerato con un certo disprezzo, come una fonte energetica di qualità inferiore perché era sporco e fortemente inquinante. Nel 1631 Edmund Howes notava con rammarico che «nelle abitazioni si era costretti ad accendere focolari di torba o di carbone anche nelle stanze di personaggi di tutto rispetto». ⁷

Il carbone era più difficile da estrarre e lavorare rispetto al legno, richiedeva una spesa maggiore di energia per convertirlo in forma utilizzabile e questo ci riporta al secondo principio della

termodinamica. L'energia disponibile nel mondo è in fase di continua dissipazione, le forme più disponibili sono sempre le prime a venir utilizzate e ogni successivo panorama ambientale è caratterizzato da forme di energia meno disponibili di quelle precedenti, È più difficile cavare e lavorare carbone che tagliare alberi ed è ancora più difficile scavare un pozzo di petrolio e poi raffinarlo, allo stesso modo risulta maggiormente ardua la fissione degli atomi per ricavarne energia nucleare. Richard Wilkinson, nel libro *Poverty and Progress* rivisita la storia dello sviluppo economico dell'umanità:

Nel corso del suo sviluppo economico l'uomo è stato più e più volte costretto a cambiare le risorse da cui dipendeva e i metodi per sfruttarle. Gradualmente si è trovato coinvolto nell'uso di tecnologie sempre più complesse di lavorazione e di produzione via via che passava da fonti energetiche più facilmente utilizzabili ad altre che lo erano di meno., In un contesto ecologico generale, lo sviluppo economico rappresenta lo sviluppo delle tecniche di sfruttamento più intensivo dell'ambiente naturale.⁸

La tesi di Wilkinson è abbastanza corretta, per quanto difficile da accettare per molti di noi. In ambito storico siamo abituati a procedere a grandi passi in avanti quando una scoperta permette di affrontare in modo migliore alcune questioni. Oggi invece questi modi migliori sono considerati semplicemente diversi, generati dalla necessità di riadattarsi a un contesto energetico più difficile, meno direttamente utilizzabile. Inoltre, come spiega Wilkinson, ogni nuovo modo di compiere certe cose richiede di spendere più lavoro (o energia) di quello precedente, anche se poi il lavoro non viene fatto direttamente dall'essere umano. Lo sviluppo della macchina a vapore costituisce un buon esempio per illustrare questo punto.

Quando si studia la rivoluzione industriale sui libri di scuola, ci viene insegnato che un certo giorno un brillante giovane di nome James Watt si mise a pensare e arrivò a una promettente invenzione che chiamò macchina a vapore. L'invenzione fu

annunciata al mondo intero e in un batter d'occhio l'età industriale partì con gran clamore. Ci viene anche detto che un antico greco, Erone, aveva già escogitato una macchina a vapore nel Terzo secolo avanti Cristo, ma la si usava solo come giocattolo per le corti reali. A parte i Greci, bisogna cercare di capire la storia sottesa allo sviluppo della moderna macchina a vapore, perché dimostra in modo chiarissimo come i maggiori cambiamenti, e non solo i perfezionamenti tecnologici, derivino dalle modificazioni di un contesto energetico.

La macchina a vapore fu progettata e usata per facilitare l'estrazione del carbone. Le miniere scendevano sempre più profondamente nel sottosuolo per estrarre tutto quello che si poteva e sempre più difficile diventava ventilarle e portare a bocca di pozzo il carbone estratto. Nel corso del Diciassettesimo secolo inoltre le miniere andarono incontro a un altro problema: a una certa profondità si raggiungeva la falda acquifera e diventava prioritario poter effettuare i drenaggi. Tutti questi problemi richiedevano soluzioni tecnologiche e la soluzione venne dalla macchina a vapore, la prima pompa azionata dal vapore fu brevettata nel 1698 da Thomas Savery.

La pompa a vapore usata nell'industria mineraria fu solo la prima di una lunga serie di innovazioni meccaniche e strutturali nate dalle esigenze del nuovo contesto economico del carbone. Per esempio, non appena fu risolto il problema dell'estrazione del carbone, subito se ne presentò un altro: come trasportare il carbone per venderlo in tutti i punti del Paese. Il carbone, dato il peso di un carico ammucchiato, non si poteva facilmente trasportare con i carri a cavalli, le strade inglesi erano per lo più sterrate e il peso dei carri formava enormi solchi per cui diventava virtualmente impossibile viaggiare durante i periodi piovosi, quando la strada si trasformava in un acquitrino fangoso. Nello stesso tempo continuava a crescere il costo per mantenere i cavalli da tiro e con l'agricoltura in una condizione di scarsità veramente critica, non era più possibile coltivare cibo né per gli uomini né tanto meno per i cavalli. La soluzione alla crisi dei trasporti venne dall'invenzione della locomotiva a vapore e dalla ferrovia su binari.

La locomotiva, come la pompa a vapore, fu una risposta tecnologica a una necessità creata dal nuovo contesto del carbone. Pompe a vapore e locomotive, insieme, delinearono la base tecnologica per l'età industriale a seguire.

La pompa a vapore e la locomotiva a vapore erano tecnologie molto più complesse e consumavano più energia che non l'ascia, il carretto e il cavallo dell'epoca del legno, ma allora l'ambiente appariva anche più scarso di energia. Nel corso della storia i cambiamenti tecnologici sono sempre andati verso una maggiore complessità e maggiori consumi energetici, perché l'ambiente si era modificato e offriva fonti di energia meno direttamente disponibili e più difficili da raggiungere.

Ogni nuovo ambiente non solo richiede più lavoro per adattarvisi, ma di solito le nuove situazioni vengono sentite come peggiori rispetto alle precedenti. A volte la sensazione è immediata, a volte nasce solo dopo che la situazione si è insediata. Prendiamo come esempio i cibi in scatola: quasi nessuno oggi davanti a una libera scelta tra cibi conservati o cibi freschi naturali sceglierebbe i primi, per quanto molte volte siano stati presentati come un'alternativa migliore. Nel caso dei cibi conservati, l'energia necessaria per produrli è molta più di quanta se ne usi per le vie tradizionali.

Wilkinson fornisce un altro esempio convincente: l'abbigliamento. Nella preistoria gli uomini si vestivano di pelli, poi i velli animali diventarono sempre più scarsi ed essi furono costretti a sostituirli con la lana delle pecore. Nel Diciassettesimo e poi nel Diciottesimo secolo la crescita della popolazione nelle zone agricole d'Europa rese improduttivo il pascolo delle pecore: «le pecore divorano la gente» divenne un detto popolare del tempo, e si insisteva per convertire sempre più pascoli a colture di cereali. Questo cambiamento fece nascere la necessità di trovare un sostituto della lana e la risposta fu trovata nel cotone che cresceva senza troppe spese nelle colonie d'oltremare, si trasportava in madrepatria e si poteva lavorare per fame tessuti e abiti. La gente non era proprio entusiasta di questo nuovo

surrogato come precisa Friedrich Engels nel suo libro *La situazione della classe operaia in Inghilterra*:

Il vestiario della stragrande maggioranza degli operai è in condizioni pessime. Già le stoffe che vengono adoperate non sono le più indicate; il lino e la lana sono quasi banditi dal guardaroba di ambo i sessi. L'abito di fustagno (*fustian*) è divenuto il costume proverbiale degli operai che vengono chiamati *fustian jackets* e così si chiamano essi stessi in contrapposto ai signori che vestono panni di lana (*broad cloth*), termine che infatti viene usato a sua volta per indicare la classe media.⁹

Analogamente, oggi, siamo costretti ad affidarci sempre di più all'uso di fibre sintetiche, anche se molti, potendo scegliere, preferirebbero capi in pura lana o cotone.

Per quanto gli abiti di ogni successiva generazione siano in genere meno apprezzati di quelli che si usavano prima, ciononostante richiedono più lavoro, e quindi più energia. Non ci vuole un grande lavoro a uccidere un animale, scuoiarlo e confezionare abiti per tutta la famiglia. Invece nutrire e ingrassare le pecore, tosarle e poi tessere il filo e cucire gli abiti di lana implica un consistente impiego di energia, umana e non, nel procedimento. Ancora più energia si spende per far crescere e lavorare il cotone. Se poi si pensa alle fibre sintetiche, con un processo chimico che inizia dallo scavare i pozzi di petrolio fino alle grandi fabbriche dove si taglia il modello finale, ogni capo richiede una spesa di lavoro e di energia astronomica se paragonata alla semplice uccisione di un animale e alla concia della pelle.

Questo è quello che chiamiamo «progresso»! Nei prossimi due capitoli esploreremo in maggior dettaglio alcune delle modalità con cui le modifiche tecnologiche aumentano il lavoro richiesto per unità di prodotto e sostengono quindi il processo entropico, inclusa la formazione dei gas serra e degli altri inquinanti.

La tecnologia

Tolto ogni alone mistico che circonda la parola tecnologia, quello che resta, nudo e crudo, è un convertitore: ogni tecnologia, sia pur concepita da un genio dell'umanità, non è altro che un convertitore di energia presa dal magazzino della natura. Nel processo di conversione l'energia fluisce attraverso la cultura e i sistemi organizzativi dell'umanità. Il flusso che passa viene usato a sostegno della vita e delle sue infrastrutture rendendo possibile mantenere una situazione di non-equilibrio. Al termine del suo scorrere l'energia finisce come rifiuto degradato, non più utilizzabile per impieghi successivi.

È un'ironia della sorte che, proprio mentre la tecnologia è diventata sempre più complessa e ha esteso il suo dominio sulla Terra, noi siamo arrivati a considerarla come un qualcosa di indipendente dalla natura, come se generasse la sua energia dal nulla o come se con un misterioso processo aggiungesse qualcosa alle sorgenti di energia ottenendone di più di quella che c'era in partenza. Di fatto la tecnologia non crea mai energia, semplicemente usa quella esistente e disponibile, e quanto più è pesante e complessa, tanto più ha bisogno di energia. Per quanto imponenti e impressionanti possano sembrare le nostre tecnologie, devono comunque sottostare agli imperativi del primo e del secondo principio della termodinamica, come qualsiasi altra cosa in natura. Ripetiamo quei principi: primo» la somma di materia ed energia nel mondo è una costante» nulla si può creare né distruggere ma soltanto trasformare; secondo, l'energia si converte sempre da uno stato utilizzabile a uno stato dissipato, ovvero da uno stato ordinato a uno disordinato. La tecnologia è il convertitore, né più né meno.

Per quanto tutto ciò sia quasi ovvio, continuiamo tutti a vivere nell'illusione che la nostra tecnologia ci liberi dai legami con l'ambiente» quando invece nulla è più lontano dalla verità. La vita non è un sistema chiuso, gli esseri umani» come tutti gli altri esseri viventi» sopravvivono solo in condizioni di scambio continuo con l'ambiente esterno e senza un continuo fluire di energie moriremmo tutti in pochi giorni. La tecnologia ci rende quindi ancora più dipendenti dalla natura» anche se fisicamente ce ne allontana, e diventiamo più dipendenti per la quantità sempre maggiore di energia che ci vuole per vivere secondo i modelli culturali e i nostri personali stili di vita.

Crediamo ancora che la tecnologia riesca a creare maggior ordine nel mondo, ma ancora una volta questo è solo un lato della verità perché la legge dell'entropia ci insegna che ogni volta che si usa energia libera si crea maggior disordine in qualche altra parte dell'ambiente circostante. Quando» per esempio, bruciamo combustibili fossili» l'energia viene dissipata sotto forma di anidride carbonica che si disperde nell'atmosfera e dà luogo all'effetto serra. Il massiccio flusso di energia presente nelle moderne società industriali crea inquinamento altrettanto pesante e accumulo di rifiuti nel mondo dove siamo costretti a vivere; insomma» più spingiamo la nostra tecnologia più veloce sarà il processo di trasformazione, l'energia disponibile si dissipa più in fretta e l'inquinamento e i rifiuti aumentano.

In breve, viviamo in una specie di incubo orwelliano, ci siamo convinti che il nostro modo di affrontare le cose creasse un mondo diverso da quello che in realtà abbiamo creato. Proprio come in 1984 di Orwell, dove tutti erano convinti che la guerra fosse pace e la menzogna fosse verità, così noi siamo arrivati a credere che il disordine sia ordine, che i rifiuti siano un valore e che il lavoro sia non-lavoro.

Mentre il mondo scivola sempre più a fondo nel caos, noi maturiamo una non-volontà di identificare l'origine dei problemi, ci chiudiamo ermeticamente nel nostro ginepraio tecnologico, difendendolo da ogni critica, senza renderci conto di cosa stia procurando all'ambiente in cui viviamo e ancor meno di cosa stia

facendo a noi stessi. Continuiamo a legarci all'immagine di noi, coperti e protetti dalle nostre sicurezze anche quando in realtà siamo sempre più esposti e messi in pericolo da frammenti vaganti di un mondo di nostra fabbricazione.

Le esternalità

È diventato di moda negli ultimi tempi parlare di «esternalità» della tecnologia, termine usato in riferimento ai costi non previsti che nascono per colpa dei cosiddetti effetti secondari prodotti da un particolare prodotto o processo o programma o servizio. Per ciascuno di noi le esternalità stanno diventando sempre più familiari. Se per esempio si guasta un reattore nucleare e disperde nell'ambiente radiazioni diffuse, immediatamente ci si chiede chi dovrebbe risarcire gli eventuali danni. La società? L'impianto? Il progettista? Il governo? Ecco ciò che si intende con il termine esternalità. Quando i politici o gli economisti parlano di esternalità danno l'impressione che si tratti di inevitabili effetti dannosi collaterali che a volte accompagnano le tecnologie, effetti spesso assai costosi, ma comunque sopportabili perché assorbiti dal maggior beneficio della tecnologia stessa. Le cose, semplicemente, non stanno così.

Dire «esternalità» è semplicemente un trucco per cercare di evitare le conseguenze detta legge dell'entropia. Il disordine creato da una nuova tecnologia non è un effetto collaterale, in tempi lunghi, poi, non è neanche meno costoso rispetto al beneficio ricavato dalla tecnologia stessa. Facciamo un esempio, consideriamo i benefici a breve termine ottenuti dall'impiego di combustibili fossili negli ultimi due secoli e mettiamoli a confronto con i costi ambientali ed economici che il pianeta e le civiltà dovranno probabilmente sopportare per effetto del riscaldamento globale. È vero che ogni tecnologia crea temporaneamente un'isola di maggior ordine, ma questo avviene a spese di un maggior disordine in tutto l'ambiente circostante. Trent'anni fa nessuno in America avrebbe voluto crederlo, ricordando quei tempi eravamo tutti quanti convinti che i benefici di una

tecnologia superassero comunque i pericoli. Se una tecnologia, come in certi casi accadeva, non funzionava o produceva effetti collaterali indesiderati, la soluzione era di applicare una nuova tecnologia che correggesse gli errori della vecchia. Provate oggi a dire a delle persone che sta per essere introdotta una nuova tecnologia che porterà grandi vantaggi a loro e al resto della società, l'immediata reazione sarà di scetticismo. Se poi è un programma governativo, un nuovo modo di sfruttare le fonti energetiche o un nuovo superfarmaco, la risposta di solito è: «staremo a vedere». Mentre a prima vista i benefici possono apparire validi, c'è sempre in ciascuno di noi un dubbio che rode dentro e sussurra: «Non so quando, come o dove, ma prima o poi questo marchingegno andrà in pezzi creando più problemi di quelli che sta per risolvermene». Energia nucleare - radiazioni diffuse e cancro. Automobili grandi e veloci - emissioni di anidride carbonica e peggioramento dell'effetto serra. La legge dell'entropia non è selettiva, agisce sempre e dovunque. Secondo Jacques Ellul, autore di *The Technological Society*, uno dei critici della tecnologia che gode di maggior credito: «La storia ci dimostra che ciascuna applicazione tecnica alle sue origini presenta effetti (imprevedibili e secondari) molto più disastrosi della situazione anteriore, insieme agli effetti attesi che sono vevoli e positivi».¹⁰

La prossima volta che un tecnico» un politico o un uomo d'affari affermerà di poter eliminare ogni problema secondario connesso a un certo progetto» prodotto o processo con una migliore pianificazione o una migliore dirigenza o una progettazione migliore» pensa al secondo principio. E' vero che i problemi secondari prodotti da una particolare tecnologia possono essere risolti con l'applicazione di altre tecnologie, ma la soluzione porterà inevitabilmente a un maggior disordine globale di quello che è appena stato rimediato. Dice ancora Ellul: «Le tecniche sono apparse successivamente perché le precedenti rendevano necessarie le successive senza essere state inefficaci ma solo perché non avevano potuto fornire il massimo del rendimento».¹¹ Questo è il secondo principio e non c'è modo di aggirarlo. E ancora ci meravigliamo se nel mondo che ci circonda,

sempre più tecnologizzato» vediamo sempre più cose che sembra funzionino male o che devono essere scartate.

Il mondo accresce il suo disordine perché ogni volta che applichiamo una nuova tecnologia più complessa alla soluzione di un problema è come se tentassimo di spegnere un fuoco con la benzina. Più moltiplichiamo i «convertitori» e più l'energia disponibile viene presa e usata, maggiore la dissipazione, il disordine e i problemi che ne derivano e che proliferano più in fretta delle soluzioni.

Si incontrano persone che ragionano sulle culture che nel corso della storia hanno utilizzato tecnologie, persone che sono riuscite, in qualche misura, ad adattarsi senza conseguenze catastrofiche: perché non dovremmo riuscire a fare altrettanto? Costoro non riescono a capire la differenza fondamentale tra la posizione della tecnica nella cultura moderna e in quelle che l'hanno preceduta. In tutte le forme di civilizzazione che hanno preceduto l'era industriale, l'uso della tecnica era limitato alle funzioni a cui era destinata, era uno strumento e non un modello organizzativo per la vita. Nel paradigma del mondo meccanicistico la tecnica è diventata il modello organizzativo di tutte le attività dell'esistenza. È in atto un tentativo, intenzionale, di mettere la tecnica in ogni gesto della nostra vita quotidiana allo scopo di aumentarne la prevedibilità e la sincronizzazione. Quando una parte della nostra cultura rimane fuori dal processo tecnico, resta imprevedibile e incontrollabile e qualcuno pensa che il sistema, nel suo insieme, non potrà mai funzionare regolarmente finché non avremo eliminato tutte queste sacche di imprevedibilità.

Nei nostri sforzi per tecnicizzare e coordinare tutte le attività della nostra vita, in definitiva non facciamo altro che accelerare i processi di trasformazione e quindi dare impulso al processo entropico. Lo scienziato Eugene Schwartz, nel suo libro *Overskill*, paragonò i nostri sforzi per creare una società tecnologica a una gigantesca gabbia per scoiattoli «...dove i tecnici possono cercare di correre sempre più velocemente, ma è per rimanere sempre allo stesso punto, e dove, a differenza della gabbia per scoiattoli, più corrono più cadono indietro. Ogni soluzione parziale ha un effetto

moltiplicatore sul resto dei problemi». ¹² E in più, ogni nuovo gruppo di problemi è più difficile da risolvere di quelli precedenti, perché a ogni evento che passa l'entropia dell'ambiente aumenta e ne diminuisce l'energia libera, diventa più difficile mantenere l'ordine esistente e ancora più costoso generare ordine. Il processo globale di aumento della complessità, aumento dei problemi, aumento dell'entropia e aumento del disordine, ha un andamento esponenziale ed è precisamente questo che rende così allarmante la crisi del mondo moderno.

Per un senso di paura noi passiamo sopra alla parola *esponenziale* senza troppo pensarci, proviamo però a considerare cosa può significare per i problemi di una società tecnologica. Crescita esponenziale in questo contesto sta a indicare un processo i cui parametri raddoppiano a ogni passaggio: come spiega l'ecologo G. Tyler Miller, se prendete un pezzo di carta, il cui spessore è circa un decimo di millimetro e immaginate di raddoppiare questo spessore appena trentacinque volte, arriverebbe a coprire la distanza tra Los Angeles e New York, raddoppiato quarantacinque volte raggiungerebbe la Luna e continuando ancora un po' per esempio cinquanta volte, lo spessore di questa carta raggiungerebbe i 150 milioni di chilometri che stanno tra voi e il sole. La crescita esponenziale dei problemi tecnologici è come un biglietto di viaggio senza ritorno con arrivo al punto di rottura per la vita e per il pianeta Terra.

La redditività della tecnologia è in declino

Le riviste americane di economia riportano periodicamente articoli che lamentano il declino della tecnologia americana, e non è cosa da poco perché a tutti gli anni Ottanta, il primato tecnologico era stato l'asse portante della superiorità americana nel mondo. Si danno varie spiegazioni di questo declino, alcuni lo attribuiscono a una preparazione accademica di qualità inferiore, altri danno la colpa ai margini di profitto sempre più ristretti che disincentivano a investire. Si sostiene che regolamentazioni e restrizioni governative allungano i tempi tra la scoperta di un nuovo prodotto o processo e la sua immissione sul mercato, cosa che rende la ricerca costosa e rischiosa, altri ancora sostengono l'eccessiva attenzione alle norme ambientali che restringono il campo della ricerca e i possibili utilizzi finali di un prodotto. In tutto questo dibattito su chi e dove si trova il colpevole e su che cosa si può fare, pochissimi, anche tra gli esperti, sembrano aver capito la vera ragione che sta sotto a questi profitti tecnologici in diminuzione.

Torniamo all'idea di base: la tecnologia non è un potere autonomo e indipendente, è semplicemente un convertitore di energia, per cui le più grandi occasioni di avanzamento tecnologico sono venute a seguito dei cambiamenti qualitativi delle fonti di energia. Ricordiamo per esempio che la macchina a vapore, base tecnologica della rivoluzione industriale, fu inventata per sfrattare l'energia del sottosuolo, cioè il carbone. Nei primi stadi di un nuovo contesto energetico le nuove articolazioni della tecnologia si espandono in ogni direzione, sono questi i momenti in cui si traccia la base tecnologica della nuova struttura, c'è una quantità di sperimentazione in atto e si crea una schiera di derivati tecnologici, uno dopo l'altro. In molti casi il costo unitario dei

prodotti diventa via via minore per i continui perfezionamenti che si apportano alle specifiche tecnologie.

Avviene comunque che, nel proliferare di varianti tecnologiche e di conseguenti flussi d'energia interni al sistema, l'entropia dell'ambiente si muova costantemente verso l'alto e la diminuzione dei profitti cominci a farsi sentire lungo tutte le linee di flusso. Diventa sempre più costoso e complicato estrarre nuova energia, l'inquinamento causato dalle passate ondate di ricchezza energetica si accumula, fa sentire il suo peso sempre maggiore e limita ulteriormente le nuove possibilità tecnologiche. Si raggiunge un punto critico quando il «modello tecnologico» esistente non è più in grado di sostenere la massa di trasformazioni energetiche da cui la società si è abituata a dipendere durante i primi stadi di sviluppo. Osservando le cose da questo punto di vista ci si accorge come ben pochi sforzi vengano dedicati alle nuove idee, in confronto a quanto si deve fare per riassetare le tecnologie esistenti soprattutto nel tentativo di ovviare al disordine apportato all'ambiente, e questo mentre contemporaneamente, si deve venire incontro alle continue richieste energetiche con riserve in via di esaurimento.

Questo è esattamente ciò che sta avvenendo da alcuni anni negli Stati Uniti.

Secondo Rawleigh Warner Jr., presidente di Mobil Oil, «l'industria è stata spinta a spendere sempre più dollari in ricerca per conformarsi ai regolamenti sulla salute, la sicurezza e l'ambiente distogliendoli dai progetti a lungo termine con obiettivi di contenuto scientifico innovativo.» Vi sono industrie come quelle del ferro e dell'acciaio che dedicano più del 20% dei loro investimenti in attrezzature per il controllo e l'abbattimento delle emissioni inquinanti.¹⁴ Uno studio condotto dalla Brookings Institution arrivò a concludere che queste spese avevano concorso al recente declino della crescita economica USA in una misura che andava dal 17 al 20%. Per il 1983 le imprese avevano speso più di 39 miliardi di dollari per controllare e abbattere le emissioni inquinanti.¹⁵ Negli stessi anni il National Petroleum Institute valutò che il progressivo esaurimento delle riserve energetiche

avrebbe richiesto 172 miliardi di dollari in pochi anni per la ricerca e la lavorazione di combustibili fossili sempre meno facili da sfruttare.¹⁶

Può darsi che una tecnologia tocchi il fondo quando il quadro energetico su cui si era costruita si avvicina al suo spartiacque entropico. In un articolo apparso in prima pagina su «Newsweek» intitolato *Innovazione*, gli autori riconoscono candidamente questa realtà: «In una certa misura è inevitabile il deteriorarsi della posizione di punta dell'America nella tecnologia. Gli Stati Uniti non potranno più contare sulla loro naturale abbondanza di nuovi territori... tutte le risorse sono ormai conosciute e in parte esaurite».¹⁷

Si noti che lungo una determinata linea di flusso le principali tecniche e tecnologie in uso si conformano a una comune matrice energetica. Il tipo di istituzioni economiche, le forme di trasporto e i sistemi di comunicazione, la localizzazione, la progettazione e l'operatività delle città e dei loro centri commerciali, tutto è derivato da questa matrice comune. Quando la linea di flusso raggiunge uno spartiacque entropico e si affaccia un nuovo quadro energetico, le tecnologie funzionali al vecchio quadro cambiano radicalmente, oppure, come spesso avviene, si atrofizzano gradualmente man mano che le vecchie sorgenti si esauriscono. Esaminando anche superficialmente i cambiamenti tecnologici e sociali che si verificarono nel passaggio dall'energia del legno a quella del carbone e poi da quella del carbone a quella del petrolio, troviamo conferma di queste semplici considerazioni.

Sviluppo delle istituzioni

Gli storici hanno osservato che a un certo punto dello sviluppo di una cultura o di una civiltà, prende piede un certo processo di universalizzazione, si assiste cioè a un tentativo concertato di inquadrare le varie attività economiche e politiche in meccanismi di controllo più accentrati. Può essere che si arrivi a un punto in cui è impossibile continuare l'opera di inquadramento e allora la cultura e la civiltà si spezzano e si suddividono. Tuttavia, prima di arrivare a un punto simile, ogni crisi va di pari passo con un intensificarsi del controllo centralizzato e sicuramente così è avvenuto in tutti i Paesi industrializzati. Come conseguenza di ogni nuova crisi sociale o economica si instaurano inevitabilmente nuove forme di controllo e regolamentazione e il potere si concentra sempre più in poche mani. Raramente avviene che una crisi si risolva decentralizzando i poteri e affidando responsabilità e controlli a più persone, la tendenza delle istituzioni e dei processi in atto nella società è di ingrandirsi, diventare più complessi e concentrati, la stessa tendenza che osserviamo nelle tecnologie. La ragione di questi fenomeni è nei meccanismi con cui opera la legge dell'entropia.

Analogamente alle macchine, le istituzioni economiche e politiche sono dei convertitori di energia il cui compito è di facilitarne il flusso attraverso il contesto socio-culturale. Nei primi stadi di una nuova situazione energetica le istituzioni sono in genere più flessibili perché all'inizio l'energia viene usata prevalentemente per creare nuovi strumenti di conversione (le tecnologie) adatti alla nuova situazione. Per quanto una parte di energia arrivi comunque all'intero sistema, la maggior parte di essa viene destinata alla creazione delle installazioni per il suo successivo utilizzo, in questo stadio le istituzioni economiche e

politiche hanno più che altro una funzione di coordinamento e pianificazione, il loro ruolo è innovativo e richiede un largo margine di manovrabilità.

Anche quando in una società si deve dare una disciplina alla popolazione durante le prime fasi dello sviluppo tecnologico, le forme istituzionali devono comunque restare relativamente semplici e flessibili, perché si possa trarre vantaggio dalla possibilità di sperimentare tutte le più diverse tecnologie. In queste fasi di partenza di una nuova situazione energetica» la maggior parte della popolazione viene sempre privata dell'abbondanza del flusso» perché deve dedicarsi alla costruzione di tutta la nuova struttura di base di macchine e apparecchiature, di convertitori dell'energia. Le dure condizioni di vita e la disciplina vengono per lo più ben tollerate quando una popolazione è fortemente provata dalla povertà e dal disordine ambientale che accompagnano le ultime fasi di una situazione energetica degradata. Questo si è verificato in Europa per milioni di abitanti delle campagne, strappati ai loro territori e gettati nei bassifondi urbani del Diciassettesimo, Diciottesimo e Diciannovesimo secolo. Per quanto brutta fosse la situazione nelle fabbriche e nelle città industriali, non era peggiore di quella delle campagne dove la mancanza di legna, i terreni esauriti e la sovrappopolazione davano solo fame, sfinimento e paura.

Vi è poi una seconda fase nella nuova situazione energetica, in cui sempre più energia scorre direttamente verso il sociale, le infrastrutture tecnologiche di base sono installate e le nuove tecnologie cominciano a moltiplicarsi: a questo punto il processo entropico inizia a far sentire il suo peso, il flusso di energia crea grossi elementi di disordine lungo tutta la linea.

Gli elementi di disordine sono generalmente di tre tipi: quelli risultanti dalla ricaduta di ogni trasformazione dell'energia in prodotti o servizi, quelli derivati dagli scambi di energia tra individui o gruppi e quelli risultanti dallo scarto e dall'eliminazione dei rifiuti.

Come più volte abbiamo ricordato, le persone dipendono dai flussi energetici per la sopravvivenza e sono coinvolte in

continuazione nei processi di trasformazione, scambio ed eliminazione di forme di energia. Lavoriamo per vivere, compriamo cose che poi buttiamo o scambiamo con altre cose; in questo consistono il flusso energetico e la vita economica. Ogni volta che aggiungiamo qualcosa del nostro lavoro a un prodotto o realizziamo un servizio spendiamo energia e aumentiamo l'entropia totale dell'ambiente; ogni volta che diamo denaro in cambio di un prodotto o un servizio, il mezzo di scambio usato paga l'energia che era stata spesa per ottenere il prodotto. Dopo tutto il denaro non è altro che un credito di energia accantonato, salari e stipendi pagano il lavoro fatto o l'energia spesa e ogni volta che gettiamo via qualcosa, sia essa un abito vecchio o gli avanzi di ieri, ancora una volta è energia che viene dissipata. A ogni passaggio lungo la linea di flusso l'energia si trasforma, la si scambia e la si elimina e nel processo ce n'è sempre una parte che viene dissipata e sempre l'entropia dell'ambiente aumenta. Il tipo, l'entità e anche lo scopo del disordine creato dipendono da come è stata impostata la linea di flusso. Il modo in cui è considerato il lavoro in una società (trasformare l'energia), il modo in cui l'energia viene suddivisa tra le varie persone, gruppi e soggetti sociali (scambiare l'energia) e il modo in cui si eliminano i rifiuti a ogni passo del percorso (eliminare l'energia) determinano tutti la natura sociale, economica e politica del disordine che viene a crearsi.

Sempre più punti di disordine si formano lungo la linea di flusso fino a che il flusso stesso viene impedito, per mantenerlo allora si deve continuamente riordinare quello che sempre più velocemente si accumula nelle varie parti del sistema, È qui che le istituzioni economiche e politiche cominciano a estendere la loro funzione e a intervenire dovunque, si attribuiscono funzioni di manutenzione e riparazione e la burocrazia cresce a ogni succedersi di crisi. Quando il disordine su una linea di flusso diventa troppo ingente, minacciando di bloccare in parte o del tutto il funzionamento della società, interviene l'istituzione competente a togliere il blocco. Le istituzioni si gonfiano perché devono assorbire e contenere l'incalzante disordine sociale ed

economico e mantenere il flusso più abbondante possibile e, periodicamente, scoppiano quando non sono più in grado di amministrare e spingere indietro il disordine che avanza. Quando questo avviene si progettano altre istituzioni ancora più grandi e più accentrate per riordinare il disordine, e così via.

In queste situazioni lo Stato tenta, se possibile, di estendere il suo dominio su nuove aree geografiche per ottenere nuove fonti di energia disponibile e compensare l'esaurimento delle scorte esistenti. In questo modo è nata gran parte delle colonie e degli imperi allo scopo di assicurare le nuove fonti di energia. Naturalmente le conquiste costano, nuova energia dovrà essere spesa per gli eserciti, le armi e le burocrazie che occuperanno e amministreranno i nuovi possedimenti coloniali e così le istituzioni dello Stato diventano ancor più ingrandite e accentrate.

Finalmente la società raggiunge la terza fase in cui il complesso delle sue istituzioni, l'organizzazione sociale e quella politica sono così accentrate e accresciute che per mantenersi sono costrette ad assorbire più energia di quanta il sistema possa fornirgli. Chiunque abbia potuto dare un'occhiata ai costi sempre maggiori necessari a mantenere le gigantesche multinazionali o i mostruosi apparati burocratici dei governi non può non avere notato che sempre più energia (o lavoro) si spende per farli funzionare e sempre meno lavoro se ne ricava. L'apparato istituzionale, pensato per facilitare i flussi energetici attraverso il contesto socio-culturale, diventa un parassita che succhia buona parte dell'energia che ancora rimane, i flussi a questo punto cominciano a rallentare lungo tutta la linea e la società inizia ad atrofizzarsi. Nelle fasi finali il complesso istituzionale non può più essere mantenuto dalle risorse disponibili e comincia a disintegrarsi, la società diventa vulnerabile alla conquista da parte di altre nazioni o alle rivolte e rivoluzioni interne: uno spartiacque entropico è stato raggiunto. L'ascesa e la caduta dell'antica Mesopotamia, dell'Egitto, di Roma e delle civiltà fluviali in Estremo Oriente sono classici esempi di come si svolge questo processo, ma anche ogni altra civiltà importante di cui abbiamo notizie ha seguito lo stesso percorso.

L'umanità resterà sempre intrappolata nello stesso modello di sviluppo sociale finché deciderà di rimanere in una fase di colonizzazione, piuttosto che cercare di muoversi verso una situazione esistenziale di climax.

In una fase di colonizzazione si punta sempre sull'aumento dei flussi e degli scambi e» come abbiamo visto, l'incremento dei flussi energetici dà sempre il via a un processo entropico con accumulo di disordine sempre più veloce, che a sua volta crea un pesante controllo, seguito dalla centralizzazione e dalla complessità istituzionale e via via da tutte le conseguenze precedentemente affermate. Non è un caso che si usi il termine colonizzazione: la colonizzazione dei territori d'oltremare da parte delle grandi potenze imperiali del Diciottesimo e Diciannovesimo secolo è quasi una visualizzazione grafica della tesi, sullo sviluppo storico sopra riportata. L'amministrazione coloniale aveva lo scopo di favorire il flusso di energia dalle colonie alla madrepatria. Con il procedere del processo entropico e la risalita del disordine le amministrazioni coloniali dovettero accrescere la loro burocrazia e i loro eserciti sottraendo sempre più energia alla linea di flusso prevista, per dedicarla al loro mantenimento. Alla fine la madrepatria non fu più in grado di mantenere gli eserciti di occupazione e le amministrazioni coloniali, queste ultime divennero allora così onerose per le risorse locali, che le popolazioni indigene si ribellarono e riuscirono a rovesciarle.

Solo in un contesto di climax si potrebbe rallentare il processo verso una maggiore complessità e centralizzazione. Minimizzando i flussi energetici, il processo entropico rallenta, anche se non può arrestarsi, allo stesso modo in cui rallentano anche le attività di disordine. Se si mantiene il flusso a un livello basso e costante, le istituzioni responsabili di distribuirlo e trasformarlo nel sistema sociale si possono mantenere in situazione stazionaria o di lenta crescita. È solo quando una società tenta di prelevare sempre più energia dall'ambiente che le istituzioni e le altre tecnologie devono accrescere di pari passo le complessità e le forme di controllo. Un climax esistenziale aiuta le istituzioni piccole e decentrate, uno stile di vita colonizzante ne crea di sempre più grandi e concentrate.

La specializzazione

La specializzazione va a braccetto con l'alta complessità e la tendenza all'accentramento. In una società tecnologica ogni cosa, compreso l'essere umano, diventa un componente della macchina sociale in espansione e via via che le funzioni nella società diventano più complesse e concentrate ogni funzione individuale diventa più raffinata, più limitata e più dipendente da tutte le altre del sistema, per poter sopravvivere.

Chiunque sappia qualcosa di meccanica può spiegarvi che, più semplice è una macchina, meno parti ha e quindi meno ingranaggi possono guastarsi. Le macchine più semplici inoltre sono più flessibili e si possono adattare più facilmente alle nuove esigenze. La nostra società tecnologica, al contrario, si è evoluta verso funzioni così specialistiche che basta se ne guasti una perché l'intero sistema minacci di collassare.

Il 9 novembre 1965 una trentina di milioni di americani provarono in prima persona cosa può succedere in una società superspecialistica quando una piccola funzione va in tilt. In quel giorno, nel tardo pomeriggio, un piccolo relay di una centrale elettrica dell'Ontario, in Canada, si guastò e in pochi minuti quasi tutta l'area del Nord-est degli Stati Uniti rimase priva di elettricità. Migliaia di persone rimasero ferme negli ascensori e nelle vetture della metropolitana, tutti i semafori smisero di funzionare creando massicci ingorghi di traffico su e giù lungo tutta la costa orientale. Poiché stava facendosi sera, tutta quella parte del Paese cadde in un'oscurità totale, senza luce, senza riscaldamento e senza molte altre delle attrezzature della società tecnologica da cui ci siamo abituati a dipendere per la nostra stessa sopravvivenza.

Nell'esperienza quotidiana troviamo dimostrazioni meno drammatiche, ma altrettanto pregnanti; di quanto sia vulnerabile la

nostra società superspecialistica. Per esempio, se uno sciopero dell'acciaio, in Gary, dura troppo a lungo, una persona può perdere il posto di lavoro anche se fa il cassiere in un supermercato di Denver. Può succedere, perché senza acciaio le fabbriche di automobili non possono più produrre; la grande catena dei fabbricanti di auto chiude o taglia la produzione e tutte le industrie collegate, che forniscono le auto di accessori in vetro o in plastica, tagliano le loro lavorazioni. In una situazione in cui un posto di lavoro su sei, direttamente o indirettamente, è collegato all'industria automobilistica, con qualche settimana di rallentamenti o chiusure l'economia comincia a vacillare, vi sarà una caduta del potere' d'acquisto e il cassiere del supermercato di Denver si troverà nella coda dei disoccupati come conseguenza della diminuzione degli acquisti.

La specializzazione limita a tal punto il campo operativo di ogni funzione nella società che diventa virtualmente impossibile riadattare una particolare funzione per eseguire compiti diversi. Ogni elemento è preparato per eseguire un determinato compito e niente più, se la natura del compito si modifica quell'elemento non ha più alcun valore. Così è per le specializzazioni degli esseri umani. Ogni giorno ci scontriamo con le difficoltà di questo sistema di esperti, per esempio un medico podologo conosce solo quello che riguarda il piede e non ci si può aspettare un valido consiglio per qualche altro tipo di indisposizione fisica. Un avvocato dell'antitrust conoscerà bene solo la legislazione antitrust ma ne saprà poco delle leggi sul divorzio, un genetista conosce geni e cromosomi ma non ci si può aspettare che capisca i meccanismi di un ecosistema tropicale. Il *Dictionary of Occupational Titles* elencava alla fine degli anni Ottanta più di ventimila mansioni specialistiche in America, siamo arrivati al punto in cui ognuno di noi conosce sempre più su sempre meno argomenti, finché arriveremo a una società in cui ognuno di noi conoscerà quasi tutto sul nulla.

Secondo i biologi la superspecializzazione è uno dei fattori determinanti- che contribuiscono all'estinzione di una specie, ogni specie superspecializzata in un determinato ecosistema

solitamente non riesce a riadattarsi quando l'ambiente si modifica, perché non ha in sé la flessibilità e la diversificazione di funzioni che le permettono di affrontare la transizione. La stessa cosa si verifica per le società umane: oggi siamo diventati così specializzati e adattati al contesto energetico esistente, da aver perso la flessibilità necessaria nel caso dovessimo passare a una modalità radicalmente nuova di affrontare il problema energetico.

Visioni del mondo e ambienti energetici

Come è potuto accadere che la visione del mondo newtoniana abbia avuto tanto successo a suo tempo mentre oggi deve confrontarsi con il nuovo paradigma entropico?

Abbiamo già visto che nella vita la base di tutto è l'energia» e l'energia in ultima analisi deriva dal Sole. Nel corso della storia le tecnologie e le istituzioni hanno avuto la funzione di convertitori per favorire il flusso energetico dall'ambiente al sistema economico e sociale» e ogni particolare tecnologia o istituzione sviluppata nell'ambito di una delle culture della storia dell'umanità è stata il riflesso dell'ambiente energetico in cui quella cultura si è sviluppata. Questo è abbastanza ovvio perché ambienti energetici diversi richiedono tipi diversi di convertitori. Quello che dovrebbe essere altrettanto ovvio è che il tipo di visione del mondo che una cultura o una civiltà arrivano a sviluppare è anch'essa un riflesso dell'ambiente energetico in cui vengono a trovarsi. La visione del mondo spiega certi principi del comportamento umano» spiega cioè perché la gente organizza in un certo modo le attività della sua vita. Se cambia l'ambiente energetico» le persone sono obbligate a rivoluzionare il modo di affrontare numerose questioni e soprattutto di ricavare e trasformare l'energia dall'ambiente. Così, in questi cambiamenti radicali del rapporto con il mondo» cambiano anche la loro visione del mondo per poter riflettere, razionalizzare, incoraggiare e spiegare la nuova situazione.

Ciò non significa che in un certo ambiente energetico debba nascere obbligatoriamente una certa visione del mondo e solo quella, infatti ambienti molto simili hanno generato visioni del mondo differenti. La visione emergente deve comunque essere almeno compatibile e coerente con l'ambiente energetico con cui

interagisce. Le visioni del mondo delle culture dei cacciatori-raccoglitori sarebbero state totalmente inapplicabili a una società agricola, così come le visioni del mondo sviluppate dalle popolazioni di agricoltori sarebbero fuori luogo in un ambiente industriale avanzato. Questo significa che l'ambiente energetico dà dei limiti approssimati entro i quali gli esseri umani possono poi scegliere il sistema di principi in cui credere.

Prendiamo per esempio il paradigma newtoniano che emerse nel Diciassettesimo e Diciottesimo secolo in una Europa le cui culture provenienti da un contesto basato su fonti energetiche rinnovabili stavano passando all'impiego di forme non rinnovabili di energia, e questo per la prima volta nella storia. Convertendosi alle energie non rinnovabili l'umanità passava da un mondo di cicli e di flussi a un mondo di quantità e di riserve e la visione del mondo cambiò radicalmente.

Le culture organizzate sulla conversione di energie rinnovabili concepivano il mondo come un continuo andare e venire di stagioni, i cicli della nascita, della vita, della morte e della rinascita erano qualitativamente i loro processi, le fonti energetiche erano piene di vita e di colori. Con le risorse rinnovabili i concetti di ordine e decadenza erano costanti nella loro concezione di come il mondo va avanti. Le visioni del mondo degli antichi greci e dei primi cristiani riflettono la realtà di un ambiente energetico di risorse viventi e rinnovabili.

Paragoniamo ora le caratteristiche delle fonti rinnovabili con quelle non rinnovabili. Carbone e petrolio sono degli ammassi senza vita, possiamo dividerli e suddividerli e le parti avranno ancora le stesse caratteristiche, un granellino di carbone differisce ben poco da un ciottolo di carbone, quando invece la foglia di una pianta è ben diversa dallo stelo o dalle radici. Le risorse non rinnovabili rappresentano una riserva fissa, facilmente quantificabile e misurabile con precisione. Dall'altro lato le risorse rinnovabili sono soggette a un continuo cambiamento e continuo fluire; mai ferme, esse sono in continuo divenire e difficilmente si prestano a precise misure. Il paradigma meccanicistico newtoniano con le sue formule e l'enfasi con cui dava importanza

alle misure, alle coordinate e alle distanze, sembrava fatto su misura per lo sfruttamento dell'energia da fonti non rinnovabili.

Gli studiosi si sono a volte stupiti del perché l'idea di progresso senza limiti si sia sviluppata parallelamente a quella del mondo come macchina. C'è una risposta: se consideriamo la base energetica delle fonti non rinnovabili, eccoci davanti a una riserva gigantesca e apparentemente illimitata di energia solare accumulata, un capitale di tre miliardi di anni. Quando l'umanità si tuffa affamata in questo magazzino di energia, il concetto dei cicli e delle stagioni si perde sempre più per strada, con questo credito di energia solare non c'è più bisogno di aspettare e vedere se il Sole sorgerà ancora, ogni giorno, a brillare sopra di noi per creare energia e vita, abbiamo tutta l'energia necessaria per sostituire il sole e non dovremo più aspettare che la natura segua il suo corso. C'è ancora da stupirsi che nel paradigma newtoniano si pensi di poter accelerare il tempo e poi rallentarlo, farlo tornare indietro e poi di nuovo avanti?

Con l'energia non rinnovabile noi possiamo accendere o spegnere il sole a volontà, se ci piace possiamo far sì che il Sole se ne stia lontano per il doppio del suo tempo perché tanto noi abbiamo il «Sole in conserva», un Sole che possiamo ricavare dal sottosuolo e manipolare come vogliamo. Con le fonti di energia non rinnovabili la gente si è convinta di non essere più dipendente dalla natura e di poter riordinare il mondo a piacimento. Non avremmo più avuto da preoccuparci delle idee di dissipazione, decadenza e disordine, il tempo avrebbe potuto essere controllato, l'energia creata e il progresso materiale assicurato.

La visione del mondo newtoniana forniva una base di razionalità per questo nuovo modo di considerare la vita e organizzarne le attività. Questa visione è ora messa alla prova e presto sarà abbandonata perché siamo alle soglie di un nuovo cambiamento, da una base energetica non rinnovabile, ancora una volta andremo verso le fonti energetiche rinnovabili.

Parte quarta

**Le energie non rinnovabili e l'avvicinarsi dello
spartiacque entropico**

La crisi energetica

Dipendenza! Non c'è miglior modo di descrivere in modo efficace l'atteggiamento americano in campo energetico. Le statistiche lo dimostrano con evidenza schiacciante: gli Stati Uniti hanno solo il 6% della popolazione mondiale e consumano oltre un terzo dell'energia di tutto il mondo.¹ Anche i consumi energetici di altri Paesi fortemente industrializzati impallidiscono a confronto con l'America: per esempio in Svezia e in Germania il consumo pro capite di energia è soltanto la metà di quello che si ha negli Stati Uniti pur avendo degli standard di vita paragonabili.² Gli Stati Uniti consumano annualmente più energia di tutti i Paesi dell'Europa occidentale, anche se la loro popolazione supera quella USA del 75%.³

Per quanto sia impossibile riuscire rendersi conto della reale portata dei flussi energetici, consideriamo soltanto le statistiche dell'energia prodotta. Nel 1987 gli Stati Uniti hanno consumato oltre 22.000 miliardi di chilowattora, più del consumo totale di Canada, Francia, Italia, Giappone, Olanda, Regno Unito e Germania occidentale messi assieme.⁴

Se poi si confrontano i consumi energetici USA con quelli dei Paesi poveri del Terzo Mondo, i valori diventano così alti che ogni paragone diventa praticamente impossibile. Come si potrebbe anche solo iniziare un calcolo dei vantaggi e delle scarsezze quando si viene a sapere che ad Haiti il consumo energetico pro capite è l'equivalente di 31 kg di carbone all'anno, mentre negli Stati Uniti equivale a 10.430 kg ogni anno?⁵

Le proiezioni degli anni Novanta sono per un fabbisogno energetico mondiale in aumento, in relazione alla crescita della

popolazione nei Paesi in via di sviluppo, mentre la produzione nei Paesi non OPEC è in calo o stazionaria, con il risultato che la domanda eccedente è in netta crescita,⁶ Le statistiche della popolazione mondiale ci mostrano una situazione già sconvolgente; ogni giorno 333.000 nuovi bambini vengono al mondo. Anche calcolando 134.000 morti al giorno si ha un aumento netto della popolazione mondiale di 200.000 unità ogni ventiquattro ore, il che significa che l'anno prossimo vi saranno 73 milioni di abitanti in più nel mondo e ognuno di loro avrà bisogno di energia disponibile per poter sopravvivere.⁷

Il problema della popolazione si può capire meglio da un punto di vista storico. Ci sono voluti due milioni di anni perché la popolazione umana raggiungesse un miliardo; il secondo miliardo ha richiesto cento anni; tra il 1930 e il 1960 è stato toccato il terzo miliardo; il quarto ha richiesto solo quindici anni. Dal 1960 al 1975 la popolazione umana si è accresciuta del 2% all'anno, passando da 2,5 a 4 miliardi di persone.⁸ Con il ritmo attuale di crescita di 1,7% all'anno la popolazione raggiungerà 8 miliardi nel 2015 e 16 miliardi nel 2055. Le proiezioni locali sono ancora più allarmanti basti pensare che in Africa la Nigeria, che ha oggi una popolazione di 100 milioni di abitanti, potrebbe averne 532 verso la metà del secolo e la popolazione dell'India potrebbe raddoppiare, sfiorando 1,7 miliardi di persone nell'anno 2010.

Nell'emisfero occidentale le proiezioni per il Messico sono di un aumento da 82 milioni a 199 milioni nei prossimi venticinque anni»⁹

L'aumento esponenziale della popolazione sta dando violenti scossoni alle riserve energetiche mondiali. Secondo l'economista e premio Nobel, Wassily Leontief, per venire incontro a un moderato indice di crescita globale nei prossimi anni il consumo delle risorse minerarie più comuni dovrebbe aumentare di cinque volte e quello di alimenti di quattro volte.¹⁰

Ancora più rilevante appare una proiezione di molti economisti di diverse nazioni, i quali prevedono che per accontentare a un livello minimale le necessità di una popolazione mondiale in espansione nei prossimi trent'anni si dovranno «costruire case, ospedali, porti, fabbriche, ponti e tutte le altre infrastrutture di base in quantità almeno pari a tutte quelle costruite dall'umanità intera fino a oggi»,¹¹ un lavoro che richiederebbe di spendere quantità astronomiche di energie non rinnovabili. Se ci soffermiamo un attimo a considerare i problemi energetici mondiali, che d'altronde già stiamo toccando con mano (la scarsità di risorse, i prezzi che crescono come funghi, l'inquinamento e i rifiuti che si accumulano), diventa ancora più ovvio che il mondo e le nazioni non possono andare incontro alle future necessità energetiche senza pensare a dure condizioni che dovremo sopportare. La realtà è che ci stiamo allontanando da un'epoca in cui ampie riserve di energie non rinnovabili erano ancora «disponibili», per avvicinarci pericolosamente a uno spartiacque entropico. Per quanto le ricerche statistiche diano risultati variabili, c'è un generale accordo sull'idea che l'epoca delle energie non rinnovabili a basso prezzo è finita.

Uno studio condotto sotto gli auspici del Massachusetts Institute of Technology (MIT), con la partecipazione di esperti dell'industria, governi e università di quindici Paesi, era giunto alla conclusione che l'offerta mondiale di petrolio «non sarebbe più stata in grado di venire incontro alla domanda in continuo aumento, già prima dell'anno 2000».¹² Secondo lo stesso rapporto, anche ammettendo una crescita dei prezzi del 50% rispetto a quelli del momento, si prevedeva una crisi petrolifera tra il 1985 e il 1995.¹³ Un altro studio condotto con il sostegno dalla potente Commissione Trilaterale, organizzazione internazionale tra i cui membri siedono alcuni dei più influenti politici e finanziari dei Paesi occidentali, arrivava a previsioni che differivano di poco, la commissione concludeva che la domanda globale di petrolio avrebbe potuto superare l'offerta a

partire dalla metà degli anni Novanta.¹⁴ L'economista Emile Benoit della Columbia University, scrivendo per il «Bulletin of Atomic Scientists», afferma che le riserve di petrolio esistenti si esaurirebbero nell'arco di venticinque anni se il consumo mondiale dovesse crescere al ritmo attuale, e che, anche ammettendo di scoprire nuovi giacimenti quattro volte più abbondanti di quelli noti (cosa che molti esperti considerano sovrastimata) si guadagnerebbero solo altri venticinque anni prima dell'esaurimento totale di tutte le riserve petrolifere.¹⁵ L'ecologo Lester Brown, nel suo libro *Il ventinovesimo giorno* calcolava che alla fine degli anni Settanta vi erano riserve di petrolio sufficienti a fornirne circa 500 barili a ogni americano. Un barile di petrolio, dice Brown, dopo la raffinazione dà luogo a circa 160 litri di benzina con i quali l'americano medio, con una grossa automobile che fa quattro chilometri con un litro e percorre 16.000 chilometri all'anno, consumerebbe tutta la sua parte di risorse petrolifere mondiali in meno di dodici anni.¹⁶

Dieci anni più tardi lo stesso Brown scriveva che questo effetto catastrofico era stato allontanato fabbricando automobili americane più efficienti, il cui rendimento medio era passato da 5,5 chilometri per litro nel 1973 a 7,6 chilometri per litro nel 1985, un miglioramento che permise di ottenere un risparmio di 75 milioni di litri all'anno sui consumi di benzina."

Le passate previsioni sull'esaurimento del petrolio sono state confermate da un'importante ricerca condotta dal Complex Systems Research Center (Centro di ricerche sui sistemi complessi) presso l'Università del New Hampshire, verso la metà degli anni Ottanta. Secondo questo studio, vi sarà un punto tra il 1995 e il 2005 in cui negli Stati Uniti si spenderà più energia per le ricerche di petrolio e gas naturale di quanta se ne ricaverà dai nuovi giacimenti trovati.¹⁸ A partire dal 2020, in USA potrebbero essersi esaurite tutte le riserve di gas e di petrolio.¹⁹ Nel frattempo i nuovi programmi per migliorare l'efficienza energetica e le tecnologie alternative non saranno in grado di colmare il deficit abbastanza rapidamente da prevenire

un lento declino del prodotto nazionale lordo, declino che potrebbe essere aggravato se la domanda di beni da parte della popolazione dovesse crescere e creare ulteriore pressione sulle riserve energetiche già barcollanti.

L'esaurimento delle riserve interne obbligherà ancora una volta gli Stati Uniti a una maggior dipendenza dal cartello Opec. Si prevede che tra il 1995 e il 2010 i Paesi Opec apporteranno dei tagli alle loro produzioni facendo salire i prezzi del greggio e innescando una crisi mondiale simile a quella vista negli anni Settanta,²⁰ ma questa volta gli esperti in problemi energetici temono che la crisi possa aggravarsi nel tempo facendo cadere il mondo in una depressione economica di lunga durata. Nel 2025 avremo esaurito all'incirca l'88% delle riserve originali di petrolio e, a partire dal 2050, ogni disponibilità di greggio e di gas naturale sarà effettivamente terminata,²¹

Via via che ci avviciniamo a uno spartiacque entropico per il gas e il petrolio, l'industria è orientata a spingere per una maggior fiducia nel carbone. I politici annunciano già a gran voce che gli Stati Uniti saranno «L'Arabia Saudita del carbone», ma in realtà l'abbondanza non è propriamente vicina a quella annunciata. I burocrati del Governo insistono a dire che il Paese possiede carbone per cinquecento anni, quello che però non si dice è che con il tasso di crescita attuale, che è del 4,1% all'anno, tutti concordano nel riconoscere che le riserve nazionali di carbone saranno sufficienti a fornire energia solo per 135 anni.²² Questo numero può ancora fare una certa impressione, ma se tutto il Paese darà il via alla produzione di carbone per compensare la disponibilità di petrolio in continua diminuzione, il lasso di tempo considerato si riduce a poche brevi generazioni, e inoltre dobbiamo prevedere la necessità di massicci investimenti governativi per estrarre da questa terra le ultime quantità di carbone e quindi il rischio di una forte inflazione. Un rischio ancora più grosso è che, aumentando la dipendenza dal carbone come combustibile, si darà luogo a un grande incremento delle emissioni di CO₂ in atmosfera,

esasperando la crisi dell'effetto serra e la tendenza al riscaldamento globale sul pianeta.

La fissione nucleare

Fino a non molto tempo addietro, la speranza di fonti energetiche alternative poggiava sull'energia nucleare, ma oggi quella speranza sta svanendo rapidamente. Ancor prima dell'incidente di Three Mile Island, in Pennsylvania, con la quasi-fusione del nocciolo, e la completa fusione del nocciolo a Chernobyl in Unione Sovietica, altri gravi problemi nell'industria nucleare già facevano presagire un futuro cupo per «l'atomo di pace».

Ai costi di produzione altissimi si aggiungevano problemi di salute e sicurezza con il risultato di ridurre fortemente il numero di centrali nucleari in programma. In molte nazioni le proiezioni di crescita nucleare alla fine degli anni Ottanta erano meno di un terzo di quelle iniziali. Negli Stati Uniti erano state ordinate trentasei nuove centrali nel 1973 e ventisette nel 1974, nel 1975 gli ordini calarono a quattro, nel 1976 a due e nel 1977 vi fu una crescita ma solo fino a quattro centrali.²³ Nessuna nuova centrale è stata ordinata dal 1978. Nel 1987 vi erano 107 centrali nucleari funzionanti negli Stati Uniti e altre 14 ancora in costruzione. Il 17% dell'energia elettrica del Paese proviene da impianti nucleari.²⁴

A parte il fatto che la costruzione di una centrale nucleare può costare anche tre miliardi di dollari,²⁵ intervengono anche i costi nascosti a sgonfiare il mito dell'energia atomica come «energia a basso prezzo». Un rapporto del Congresso pubblicato nel 1978 afferma quanto segue:

Contrariamente a un'opinione largamente diffusa, l'energia nucleare non è più una fonte energetica poco costosa. In effetti

quando potremo finalmente includere nel calcolo economico i costi, ancora non ben conosciuti, di una gestione dei residui radioattivi e del combustibile spento, di un eventuale smantellamento e di una sorveglianza a tempo indeterminato, *l'energia nucleare potrebbe dimostrarsi molto più costosa* delle alternative più convenzionali, ad esempio il carbone, (il corsivo è nel testo originale).²⁶

Al di là del fattore costo, l'energia nucleare crea molti problemi di salute e problemi sociali per i quali non esistono, letteralmente, soluzioni tecniche. L'estrazione dell'uranio necessario per la reazione non è solo causa di cancro e altre malattie tra i minatori, ma può produrre gravi effetti collaterali anche sulle comunità che vivono vicino alle miniere. Le scorie di miniera hanno una emivita radioattiva di 80.000 anni, in Colorado dove il pietrisco veniva usato dalle imprese di costruzione per fare case e scuole, i medici hanno notato un incremento di nati con difetti congeniti tra i bambini i cui genitori vivono in costruzioni fatte con questo pietrisco.²⁷

Gli stessi reattori sono malsicuri, la parziale fusione del nocciolo nella centrale di Three Mile Island nel 1979 causò molti danni alla struttura ma poche emissioni di materiale radioattivo in atmosfera. Tuttavia, l'esplosione della centrale di Chernobyl del 1986 in Ucraina rilasciò una quantità di materiali radioattivi centinaia di volte maggiore, tanto che gran parte dell'Europa ne venne toccata.

In seguito all'incidente la nube radioattiva si mosse verso nord fino al Circolo Polare Artico e verso sud fino alla Grecia, a ovest raggiunse le isole Britanniche.²⁸ Si trovarono ricadute radioattive di Chernobyl in luoghi molto distanti, come Washington D.C. e Tokyo, e la maggior parte dell'emisfero nord venne contaminato. Immediatamente dopo l'incidente morirono trentuno persone e altre mille furono gravemente colpite, più di 135.000 persone furono evacuate dalle loro case.²⁹ Le ricadute contaminarono gravemente i prodotti

alimentari» il latte e gli allevamenti in tutta Europa, costringendo 100 milioni di persone a cambiare abitudini alimentari per mesi dopo l'esplosione.³⁰ Il bestiame che pascolava sull'erba resa radioattiva produsse latte altamente tossico, la verdura, la frutta e il pesce d'acqua dolce risultarono anch'essi contaminati dallo iodio e dal cesio della ricaduta, presenti in dosi elevate.³¹ Nel 97% delle renne della Lapponia, in Scandinavia, si trovarono livelli di radioattività inaccettabili per l'alimentazione umana.³²

Nell'area immediatamente adiacente a Chernobyl i costi di bonifica si presentano rilevanti» sull'intera regione si dovranno tagliare le foreste e rimuovere tutta la crosta superficiale del suolo per seppellirla in discarica. I terreni agricoli resteranno in quarantena e per decenni le campagne intorno risulteranno inabitabili.³³

Un medico americano che aiutò a curare le vittime di Chernobyl, il dottor Robert Gale» ha stimato che fino a 50,000 persone potrebbero essere morte di cancro o moriranno nei prossimi decenni in seguito all'esposizione alle radiazioni della centrale di Chernobyl.³⁴ Altri studi prevedono un indice di mortalità di 100.000 persone o anche più.³⁵ Quasi la metà degli europei è oggi favorevole alla chiusura e allo smantellamento di tutte le centrali nucleari in attività³⁶ e il governo svedese ha già annunciato un piano di smantellamento di tutte le centrali nucleari a partire dalla seconda decade del 2000. In seguito alla catastrofe di Chernobyl e alla quasi-catastrofe di Three Mile Island il sentimento antinucleare ha messo radici profonde in molti Paesi di tutto il mondo.

Gli incidenti di Three Mile Island e di Chernobyl sono stati soltanto i casi più gravi nella graduatoria di guasti agli impianti e di emissioni radioattive che l'industria nucleare abbia mai subito, ma in ogni reattore, anche in America, si verificano continue piccole perdite di sostanze radioattive verso l'ambiente. Naturalmente, in ogni caso l'industria si affretta a dimostrare che la quantità rilasciata è molto al di sotto dei limiti

ufficiali di tollerabilità, ma quello che non si dice mai è che c'è una evidenza epidemiologica che lascia capire che tutte le radiazioni, per quanto piccola sia la quantità, possono essere pericolose. Ogni dose di radiazioni è una overdose, basta una sola particella radioattiva in una cellula per causare il cancro o delle mutazioni genetiche, e si tratta di processi che sono comunque insidiosamente lenti, che richiedono a volte anche due decenni dal momento dell'esposizione allo sviluppo della malattia. Da questo punto di vista, può quindi essere che con le centrali nucleari di oggi stiamo scatenando delle epidemie per il futuro. Un comitato di esperti in questa materia, la Union of Concerned Scientists, ha stimato che entro l'anno 2000 quasi 15.000 americani potrebbero essere morti come diretta conseguenza di piccoli incidenti e perdite in reattori nucleari. Se si verificasse una vera e propria «sindrome cinese» la stessa UCS prevede la possibilità di 100.000 morti e migliaia di chilometri quadrati di territori contaminati per molti anni a venire.³⁷

Un problema ancora più grave è che ogni reattore nucleare produce da 180 a 230 kg di plutonio ogni anno e il plutonio è la materia prima per la fabbricazione di bombe nucleari. Al ritmo di oggi, ogni reattore genera annualmente abbastanza plutonio da poter produrre quaranta armi atomiche ed entro due decenni sul mercato internazionale vi sarà materiale fissile sufficiente per poter fabbricare 20.000 bombe nucleari. È impossibile garantire la sicurezza di tutto questo materiale, già oggi mancano all'appello più di 300 kg di plutonio dai reattori e dai depositi sparsi per il Paese.³⁸ Se si dà per scontato che tutte le tecniche costruttive di una bomba atomica si possono trovare negli scaffali delle nostre biblioteche, la continua produzione di plutonio è letteralmente un invito che qualcuno può raccogliere per fabbricare ordigni nucleari casalinghi. In uno studio condotto dall'Office of Technology Assessment (Istituto per la valutazione delle tecnologie), intitolato *The Effects of a Nuclear War*, si scopre che anche un ordigno relativamente piccolo, alla portata di un gruppo terroristico, potrebbe distruggere

completamente parecchi caseggiati di un'area cittadina ad alta densità, spargendo in giro radiazioni centinaia di volte più intense di quelle ritenute sopportabili dall'uomo e causando ricadute mortali in tutte le zone periferiche. In effetti non sempre è necessario che una bomba causi morti e distruzioni in quantità impensabili, basta che il plutonio venga liberamente disperso sopra una città e un'area di quaranta miglia quadrate verrà contaminata per 100.000 anni.³⁹

Oltre a tutto questo, vi è il problema insolubile di come disfarsi dei residui nucleari. Sembra incredibile, ma con tutti gli sforzi dedicati alle attività di ricerca e sviluppo in campo nucleare e i miliardi di dollari spesi per costruire gli impianti esistenti, né la comunità scientifica, né le aziende produttrici né i governi hanno ancora un progetto di smaltimento dei residui radioattivi. Dice Harvey Brooks dell'Università di Harvard, presidente del comitato per lo smaltimento dei residui nucleari dell'Accademia Nazionale della Scienze: «Prevedo che, se l'energia nucleare si dimostrerà socialmente non accettabile, ciò sarà principalmente dovuto all'immagine pubblica che ha assunto il problema dei residui».⁴⁰

Dalla fine del 1976, tremila tonnellate di barre di combustibile esausto giacevano nei depositi nucleari degli Stati Uniti, nel 1983 la quantità era salita a 13.000 tonnellate e nel 1987 quaranta centrali avevano i depositi al limite della capacità autorizzata.⁴¹ E non bisogna dimenticare altri rifiuti solidi, abiti contaminati e apparecchiature, che costituiscono un altro enorme problema.

Nel 1985 le centrali nucleari hanno generato complessivamente 1348 tonnellate di residui altamente radioattivi e all'epoca le previsioni per il 2000 erano di 41.000 tonnellate accumulate, tra residui radioattivi e combustibile esausto. Secondo la stessa previsione, l'incremento nella produzione di combustibile esausto lasciava prevedere di produrne fino a 1900 tonnellate l'anno.⁴² Esistono molti progetti per seppellire «in condizioni sicure» questa massa di re-

sidui, ma nessuno di essi si è dimostrato affidabile, semplicemente perché non vi è modo di garantire che una sostanza che presenta pericoli mortali possa essere conservata per migliaia di anni. La nazione americana esiste solo da duecento anni, la civiltà umana è vecchia di qualche migliaio di anni. Immaginatevi, se ne avete il coraggio, a come si potrebbero conservare materiali diversi» radioattivi e mortiferi, per un periodo di tempo più lungo di tutta la storia delle culture umane.

Anche trascurando il problema dei lunghi periodi, si consideri che l'industria non è ancora riuscita a trovare adeguate misure di sicurezza per i depositi degli ultimi anni. Pur essendo la quantità dei residui accumulati relativamente piccola, si sentono continuamente notizie di perdite e incidenti nei luoghi di discarica. Fuoriuscite radioattive sono state scoperte nella riserva nucleare governativa di Richland, nello Stato di Washington» dove quasi duemila metri cubi di liquido contenente residui radioattivi sono sfuggiti da una cisterna dell'impianto. Nel giugno 1978 lo Stato del Kentucky ha dovuto chiudere le sue installazioni nucleari di Maxey Flats in seguito all'allarme destato da uno studio dell'EPA, dove si dimostrava che «particelle radioattive continuavano a uscire e diffondersi anche esternamente alle zone recintate». Perdite di questo tipo sono state denunciate nelle discariche di Oak Ridge, in Tennessee, a Ocean City» in Maryland e in prossimità di San Francisco, in California.⁴³

Anche se la produzione di energia nucleare in Nord America continuasse al livello attuale» ogni due o tre anni sarebbe necessario trovare nuove discariche per sistemare tutti i residui e questo a sua volta richiederebbe controlli strettissimi e guardie armate ventiquattr'ore su ventiquattro per 250.000 anni» onde evitare fuoriuscite nella biosfera: il tempo è quello necessario perché i residui radioattivi diventino inoffensivi.

In tutto il mondo sono stati investiti nell'energia nucleare più di duecento miliardi di dollari,⁴⁴ Considerando che, secondo

valutazioni USA di fonte governativa, un grave incidente in un solo impianto situato vicino a una grande città potrebbe portare a perdite di 150 miliardi di dollari e 140.000 vite umane,⁴⁵ non c'è da stupirsi se la maggioranza della popolazione è arrivata a pensare che i vantaggi apportati nel breve periodo dall'energia nucleare impallidiscono di fronte ai costi entropici in prospettiva. A questo proposito la rivista economica «Forbes», nel 1985, riassumeva tristemente in una frase la breve storia dell'energia nucleare: «Il fallimento del programma USA per l'energia nucleare si può classificare come il più grande disastro imprenditoriale di tutta la storia del mondo degli affari, un disastro di proporzioni monumentali».⁴⁶

La fusione nucleare

L'energia nucleare dà luogo a problemi che sembrano insormontabili, eppure lo spirito nucleare è duro a morire. Trent'anni or sono qualcuno promise agli americani che l'energia da fissione nucleare avrebbe portato un'era di energia «illimitata, pulita e troppo economica da doverla misurare». Ancora oggi, anche se il mito ha dovuto subire duri contraccolpi in seguito agli incidenti di Three Mile Island e Chernobyl, ci viene offerta una nuova proposta nucleare: energia da fusione. Le dichiarazioni dei proponenti ricordano stranamente quelle degli avvocati della fissione, due decenni addietro.

Dal punto di vista tecnico la fusione è l'inverso della fissione: invece di spezzare un nucleo, come nella fissione, la fusione spinge insieme i nuclei di due atomi diversi, si dice che li fonde. La fusione non è certo un fenomeno nuovo, si verifica continuamente nel Sole dove genera l'energia vitale che ha bombardato per miliardi di anni il nostro pianeta. Negli anni Cinquanta l'umanità imparò a scatenare una reazione di fusione con la bomba a idrogeno e ancora oggi gli scienziati sperano di scoprire un metodo per imbrigliare l'immensa energia che si genera nell'esplosione e confinare la reazione in un impianto che produce energia da fusione.

Gli argomenti di chi propone l'energia da fusione sono: una maggiore efficienza rispetto alla fissione, minore produzione di residui radioattivi e dipendenza unicamente dall'idrogeno come combustibile, idrogeno che si trova in quantità praticamente illimitata negli oceani. In un certo senso la fusione nucleare sarebbe il moderno equivalente della macchina del moto perpetuo, ma proprio come la legge dell'entropia rende

impossibile il funzionamento di una macchina del moto perpetuo, così pone pesanti limitazioni alla possibilità di sviluppare l'energia da fusione per venire incontro alle necessità del genere umano.

Iniziamo subito a dire che nessuno sa con certezza se sarà mai possibile che una reazione di fusione si autosostenga allo stato confinato, si consideri che per essere economico un reattore deve fondere centomila miliardi di nuclei di idrogeno al secondo per ogni centimetro cubo di volume del nocciolo. A tutt'oggi è stato possibile sostenere una fusione controllata soltanto per una frazione di secondo e se non sarà possibile prolungare i tempi di reazione il processo richiederà molta più energia di quanta sarà in grado di produrne. Le previsioni più ottimistiche parlano del 2025 perché diventi possibile produrre energia da fusione a livello commerciale, troppo tardi per far fronte alla prossima svolta energetica che incombe davanti al mondo.⁴⁷

Secondo argomento: tenuto conto che vi sono diversi tipi di tecnologie di fusione, la più studiata al momento è la cosiddetta reazione deuterio-tritio, perché il processo fonde insieme le molecole di questi due elementi; il tritio deriva dal litio, materiale non rinnovabile e raro almeno come l'uranio, l'energia da fusione non sarà quindi illimitata ma durerà fino a quando vi saranno al mondo riserve di litio. Inoltre un impianto di fusione richiederà ancora enormi quantità di risorse non rinnovabili dagli alti contenuti energetici, risorse che stanno diventando sempre più rare, come il niobio e il vanadio, e per ogni mille megawatt installati si calcola di dover estrarre 1270 tonnellate in più di rame, metallo che sta già incominciando a scarseggiare.⁴⁸

Terzo argomento: energia pulita, la natura «pulita» dell'energia da fusione ha delle caratteristiche un po' particolari. I minatori subiranno gli effetti dell'estrazione del litio come oggi subiscono danni alla salute i minatori dell'uranio. I reattori per la fusione ben difficilmente potranno essere considerati

sceveri di residui, tutt'altro: un grande impianto di fusione potrebbe produrre fino a 250 tonnellate di rifiuti radioattivi all'anno,⁴⁹ rimarrebbero quindi gli stessi problemi di contenimento che affliggono i reattori a fissione.

Vi sono inoltre enormi problemi di tecnica costruttiva e di conduzione per qualsiasi immaginabile progetto di un reattore di fusione.

Uno dei motivi per cui i ricercatori portano avanti la sperimentazione sulla fusione deuterio-tritio è la possibilità di lavorare a 100 milioni di gradi, il reattore idrogeno-boro che potrebbe essere alimentato con acqua di mare, ha una temperatura di reazione di 3 miliardi di gradi. Questi valori inconcepibili acquistano un preciso significato quando ci rendiamo conto che non esistono materiali che possano sopportare nel tempo tali terribili temperature e radiazioni. Il dottor Bowen R. Léonard Jr., ricercatore emerito presso il Battelle Pacific Northwest Laboratory, sostiene che il calore e le radiazioni generate dalla fusione potrebbero rendere l'energia da fusione costosa in modo proibitivo. «Radiazioni di tale intensità distruggono la resistenza dell'acciaio e di ogni altro materiale strutturale rendendolo in poco tempo pericolosamente fragile. Molte parti potrebbero dover essere continuamente sostituite e frequenti sarebbero le fermate».⁵⁰ Alcuni componenti della struttura, per esempio le pareti più vicine alla zona di reazione, potrebbero richiedere la sostituzione con periodicità annuale, ma a causa della natura fortemente radioattiva della reazione nessun essere umano potrebbe eseguire questa manutenzione in sicurezza, si dovrebbe bensì sviluppare, a costi elevatissimi, una nuova generazione di robot per manutenzione industriale. Nessuno può ancora sapere quanto potrà durare un impianto, ma le stime si aggirano intorno ai venticinque anni, dopodiché l'impianto sfruttato al di là di ogni capacità operativa dovrà essere smantellato, trasportato e seppellito. In aggiunta a tutti questi problemi tecnici e di risorse, dice Amory Lovins, fisico

sostenitore dell'energia solare, l'energia da fusione rappresenta «un modo di fare qualcosa che noi non vorremmo mai fare, cioè costruire una struttura complicata, costosa, lunga da realizzare, accentrata e basata su alte tecnologie, per produrre elettricità». Le tecnologie nucleari, argomenta Lovins, sono come usare una sega circolare per tagliare il burro."

I minerali

L'energia, sia essa in forma di petrolio, carbone» uranio o radiazione solare» non si può considerare come un corpo isolato. Se vogliamo ricavare energia dall'ambiente servono altre risorse non rinnovabili, trivelle di perforazione» trattori, attrezzature e impianti, e se poi vogliamo che l'energia compia lavoro dobbiamo aggiungere altre risorse non rinnovabili, investimenti in macchinari e fabbriche. L'esaurimento delle risorse energetiche è quindi solo una parte di tutta la storia dei limiti fisici a cui dobbiamo sottostare sul nostro pianeta. La Terra sta terminando l'offerta di quasi tutti i minerali importanti e non rinnovabili necessari alla conservazione e allo sviluppo di economie fortemente industrializzate. Ogni anno, soltanto negli Stati Uniti, si consumano 17 tonnellate pro capite di risorse minerarie fresche per la produzione di energia» per i trasporti» per le scuole» per sostituire parti di macchine» per fabbricare case, ponti, farmaci e infrastrutture pesanti.⁵²

L'America è il principale responsabile tra i divoratori di scorte delle preziose risorse minerarie che rimangono nella crosta terrestre. Secondo il Dipartimento degli Interni del governo, il sistema economico statunitense produce o importa il 27% della produzione mondiale di bauxite» il 18% del minerale ferroso e il 28% del nichel di tutto il mondo.⁵³ Se nel resto del mondo si volesse arrivare a eguagliare il livello di vita americano, si raggiungerebbe un consumo di minerali non rinnovabili pari a duecento volte l'attuale produzione mondiale, nell'ipotesi che la popolazione possa raddoppiare entro la prima metà del Ventunesimo secolo. Per quanto raggiungere uno

standard di vita a livello USA sia l'obiettivo di molti Paesi in via di sviluppo, è ovvio che rimarrà sempre una vana speranza.⁵⁴

Molti esperti prevedono che entro settantacinque anni le attività economiche del pianeta avranno «esaurito tutti i giacimenti sfruttabili della metà o quasi dei metalli attualmente in uso».⁵⁵ Uno di questi esperti, Preston Cloud, geologo del Servizio Geologico Nazionale USA, in un rapporto portato davanti alla Commissione Economica del Congresso nel 1978 elencò alcuni dei minerali le cui riserve sarebbero già in pericolo dai primi decenni del 2000, comprendendo il rame, l'oro, l'antimonio, il bismuto e il molibdeno.⁵⁶ A partire dal 2050 gli Stati Uniti, sul loro territorio, potrebbero aver esaurito ogni riserva estraibile di stagno, amianto lavorabile, tantalio, fluorite, lastre di mica, fosforiti di buona qualità, stronzio, mercurio, cromo e nichel.⁵⁷

La dipendenza dalle importazioni, che diventerà sempre più vincolante per molti minerali essenziali, unita alla competizione su scala mondiale per assicurarsi le rimanenti scorte, farà salire i prezzi e il potere negoziale dei Paesi esportatori, proprio come è avvenuto nel caso del petrolio con i Paesi Opec.

Il flusso di risorse non rinnovabili influenza anche il consumo di quelle rinnovabili. È vero che gli alberi delle foreste e gli animali acquatici sono esseri viventi che tendono a moltiplicarsi anche più di quanto richiederebbe la conservazione della specie, ma il consumo annuale di tali risorse sembra crescere a una velocità maggiore di quella con cui si ricostituiscono. In effetti un sistema economico fortemente entropico «arroventa» il circuito delle risorse rinnovabili fino a un punto in cui diventano anch'esse praticamente non rinnovabili. Prima che arrivasse l'era dei combustibili fossili, l'umanità dipendeva quasi esclusivamente dalle foreste, dall'industria della pesca, dai pascoli e dai campi coltivati per le proprie necessità energetiche. Ora, appare comunque evidente che la produttività di questi sistemi, dopo

aver raggiunto dei massimi, stia declinando. La produttività mondiale delle foreste diminuisce continuamente dal 1967; la pesca ha raggiunto un massimo nel 1970 mentre adesso molte zone degli oceani tradizionalmente pescose sono state spopolate; la produttività delle campagne, calcolata come chili di cereali pro capite all'anno, ha avuto il suo massimo nel 1976 e così la produzione dei pascoli, intesa come lana, ovini e bovini pro capite (a seconda del tipo di pascolo), che risulta in tutti i casi diminuita.⁵⁸

Nonostante l'incalzante evidenza statistica presentata alle Nazioni Unite, nei congressi, negli studi accademici, in rapporti e pubbliche conferenze, vi sono ancora delle anime illuse attaccate alla teoria che al ritmo di crescita attuale vi saranno risorse non rinnovabili sufficienti a mantenere per sempre la popolazione mondiale, o almeno per un periodo futuro molto lungo. Gli assunti che stanno alla base dei loro ragionamenti sono comunque senza alcun valore.

Per esempio, si sente spesso ricordare che l'intero pianeta è composto da minerali. È un dato effettivamente vero, ma bisogna aggiungere che solo una ristretta frazione di tutta la massa è direttamente impiegabile o potenzialmente estraibile. Ammettiamo, tanto per stare al gioco, che l'intera massa della Terra sia convertibile in energia (il che ci lascerebbe poi a vagare per l'aria), al ritmo attuale di crescita del 3 % all'anno nell'uso dei dieci principali minerali, nell'arco di parecchie centinaia di anni noi avremo estratto letteralmente l'intera massa del mondo. Non è poi un tempo lunghissimo se si pensa che gli esseri umani stanno sulla Terra da tre milioni e mezzo di anni e la Terra stessa esiste da quattro miliardi di anni.

Un altro argomento è che i noduli di manganese che si possono estrarre dai fondali marini sarebbero per noi una fonte di metalli non ferrosi che, secondo alcuni esperti, potrebbero rifornirci di «rame equivalente a un quarto della produzione corrente, nichel in quantità uguale a tre volte la produzione corrente e manganese sei volte la produzione corrente», e in più

gli stessi esperti credono che questi valori potrebbero quadruplicarsi in futuro. Ancora una volta, sono valori impressionanti, a prima vista, fino a che non li si considera nel contesto di una crescita esponenziale: con un tasso di crescita dei consumi pari a quello attuale, la domanda di rame aumenterà di novanta volte in cento anni, quella di nichel di ventotto volte e quella di manganese di diciassette volte, tanto da rimangiarsi l'iniziale vantaggio a breve termine di anni o decenni che potremmo ricavare da questi nuovi depositi.⁵⁹

Vi sono ancora persone che continuano a pensare che le attuali riserve di minerali non rinnovabili possano durare all'infinito, sia sostituendo nelle varie applicazioni i metalli che scarseggiano con altri più abbondanti sia con un'efficiente politica di riciclo di quelli che si stanno usando. Per quanto riguarda la sostituzione, sta diminuendo la disponibilità di tutti i principali metalli e quindi si ha un vantaggio molto modesto a sostituirci uno con un altro in un processo produttivo. Come sottolinea William Ophuls, «i materiali sostitutivi, per esempio l'alluminio al posto del rame, sono in genere meno efficienti di quello originale e pertanto fanno spendere più energia per compiere un determinato lavoro».⁶⁰ In sostanza, alcune risorse di origine minerale, per le loro caratteristiche molto specifiche, semplicemente sono insostituibili.

Spesso si propone il riciclo come risposta all'esaurimento dei minerali, già oggi il riciclo soddisfa circa la metà della domanda annuale di antimonio» un terzo per il ferro, il piombo e il nichel e un quarto delle necessità di mercurio, argento, oro e platino. Non si deve comunque dimenticare che anche il riciclo è conforme al secondo principio della termodinamica e ogni volta che si ricicla un metallo ve n'è una parte che va inevitabilmente e irreversibilmente perduta. Come si è accennato, l'efficienza del riciclo è oggi intorno a una media del 30% per i metalli più usati e il riciclo crea poi a sua volta problemi di inquinamento e richiede grandi quantità di energia per la raccolta, il trasporto e la rilavorazione di materiali dispersi

sul territorio. Per quanto stia diventando imperativo rendere il riciclo sempre più efficiente, i dati mostrano che solo una piccola percentuale delle nostre necessità prevedibili in tema di risorse minerarie potrà essere soddisfatta dal riciclo.⁶¹

Parte quinta

L'entropia e l'era industriale

L'economia

I Paesi industrializzati e gli Stati Uniti in particolare stanno andando incontro a uno spartiacque entropico. Dopo quattrocento anni il mondo si sta allontanando da quella base di risorse non rinnovabili che ha alimentato tutta l'era industriale con un massiccio flusso di energia solare immagazzinata. Nelle epoche che si sono susseguite lungo questo continuo fluire di energia, si è accresciuto il disordine e tutte le strutture di conversione, sia tecnologiche sia politiche, sono diventate più complesse, più accentrate, più specializzate e più suscettibili di danni irreparabili.

Non è necessario essere un economista per capire il processo; dato che tutti sopravviviamo convertendo, scambiando ed eliminando energia, noi stessi dobbiamo poi sopportare in prima persona i violenti cambiamenti di rotta dei flussi energetici via via che la società si avvicina sempre più allo spartiacque entropico. Non vi è nulla che metta bene in evidenza questo processo quanto il dover fare fronte ai danni devastanti dell'inflazione.

L'inflazione è direttamente collegata all'esaurimento delle risorse non rinnovabili, infatti diventa sempre più costoso estrarre energia da fonti sempre meno sfruttabili e i costi associati ai processi di conversione, scambio ed eliminazione continuano a crescere lungo tutta la linea. Salgono i prezzi sia per il produttore sia per il consumatore e in più il disordine accumulato in passato aggiunge altri costi economici» sociali e politici contribuendo ulteriormente ad aumentare i prezzi alla produzione e al consumo.

L'inflazione sale a spirale quando il contesto energetico si avvia all'esaurimento e il motivo è semplice: ci vuole sempre più denaro per pagare le complesse e costose tecnologie necessarie a sfruttare le residue fonti energetiche, e ancora denaro per pagare il controllo e la gestione dei multiformi aspetti del disordine che la dissipazione di energia ha creato in tutti i passaggi del processo.

Mentre la spirale inflattiva indotta dalla crisi energetica degli anni Settanta era stata temporaneamente abbattuta negli anni Ottanta» già all'inizio degli anni Novanta molti economisti prevedevano un nuovo ciclo di inflazione quando la scarsità energetica avrebbe cominciato a farsi sentire, mentre i costi ambientali avrebbero continuato a crescere.

Secondo Barry Commoner tutte le forme di energia da cui dipendiamo presentano lo stesso problema:

Poiché o non sono rinnovabili, o sono gravate da una tecnologia inutilmente complicata, o per entrambe i motivi, richiedono sempre maggiori investimenti di capitale, diventano sempre più costose da produrre e - sul mercato libero del sistema privatistico - sempre più care.¹

Commoner si basa su statistiche che dimostrano con evidenza inconfutabile quanto l'intero processo sia influenzato dalla legge dell'entropia. Per ogni dollaro investito in produzioni energetiche nel 1960, si producevano 76,8 chilowattora di energia» nel 1970, asserisce Commoner, ogni dollaro investito produceva soltanto 74 chilowattora, e solo tre anni più tardi, nel 1973, il valore era sceso a 62,9 chilowattora per dollaro investito. In appena tredici anni vi era stato un calo del 18% «nella produttività del capitale investito in produzioni di energia»² (I dati riportati sono tutti in dollari 1973 per eliminare l'effetto dell'inflazione).

Dopo l'anno 2020 le riserve petrolifere negli Stati Uniti saranno diventate così poco accessibili che si dovrà ricorrere ad altri tipi di combustibile per la maggior parte degli impieghi.³

Meno disponibile è l'energia e più costa estrarla dall'ambiente, sempre maggiore risulterà quindi la quantità di denaro distolto dai normali circuiti per destinarlo a investimenti nell'industria energetica. All'inizio degli anni Novanta l'industria energetica prevedeva di dover trovare oltre 900 miliardi di dollari per finanziare le operazioni previste nell'arco di un decennio, dollari che comunque, per più della metà, le compagnie avrebbero dovuto raccogliere all'esterno, non avendo sufficienti risparmi per autofinanziarsi.⁴ Questo significa che una parte del denaro normalmente investito in altri settori economici avrebbe dovuto essere distolto per mantenere l'industria energetica.

A partire dal 1987, più del 10% del capitale fisso privato statunitense risultava dedicato alla produzione di energia.⁵

Nel dedicare sempre più denaro alla produzione di energia, i convertitori di energia (cioè impianti e apparecchiature), ma anche le istituzioni, diventano sempre più accentrate, complesse e potenti. In America le organizzazioni che si occupano di energia possiedono capitali per 181 miliardi di dollari cioè «il 29% del capitale (e degli introiti) dei 500 maggiori gruppi industriali USA». Aziende energetiche come Mobil, Exxon e Texaco sono così grandi, che venti di esse già contribuiscono a formare il 13% del prodotto nazionale lordo,⁶ Tenendo conto che una nuova raffineria di petrolio ha un costo di 500 milioni di dollari e una centrale nucleare costa da uno a due miliardi di dollari, è chiaro che solo gruppi industriali così grandi possono permettersi di restare in gioco per l'energia.⁷

È anche chiaro che l'energia è la base di tutte le attività economiche e quindi se i costi alla sorgente crescono, gli aumenti si trasmettono di passaggio in passaggio lungo tutta la

linea di flusso. Tocca al consumatore finale pagare il conto in termini di inflazione.

Anni or sono un comitato di Washington, il Progetto esplorativo per le alternative economiche, intraprese una dettagliata ricerca sulle cause prime dell'inflazione, Nel suo rapporto finale il comitato concludeva che, nell'ambito dei quattro bisogni fondamentali del consumatore, energia, alimentazione, abitazione e cura della salute, i prezzi in crescita erano legati all'incremento dei costi di conversione e di scambio dell'energia. Può sembrare abbastanza ovvio, eppure in gran parte della cultura economica tradizionale si continuano a prendere di mira gli effetti secondari come i salari o le politiche fiscali e monetarie.

Per l'80% delle famiglie americane i quattro gruppi di bisogni di base assorbono oltre il 70% del bilancio di spesa. La ricerca ha studiato uno per uno i bisogni andando a rintracciare le cause dell'inflazione fino all'origine, che in ogni caso risultava essere l'esaurimento delle fonti energetiche non rinnovabili insieme agli aumentati costi tecnologici, strutturali e organizzativi necessari a mantenere costante il flusso energetico.

Per esempio, la sola spesa energetica, tra benzina, energia elettrica, nafta e carbone ammonta a circa il 12% del bilancio domestico medio ed è stato calcolato che l'inflazione energetica ha rubato all'americano medio l'1 % all'anno del potere d'acquisto della famiglia.⁸

Per quanto riguarda il cibo, che incide per il 28% circa sul bilancio domestico medio, il rapporto seguiva all'indietro i passaggi dell'andamento inflazionistico fino ad arrivare ai costi energetici in crescita nelle fasi di coltivazione, lavorazione, trasporto, imballaggio e messa in vendita dei prodotti agricoli; una concausa veniva individuata nella domanda mondiale di prodotti alimentari americani, anch'essa in crescita.⁹

Nei settori dell'abitazione e della cura della salute, ancora una volta i costi elevati delle energie non rinnovabili stanno

all'origine della spirale inflazionistica e tutto questo si verifica perché in tutte le attività economiche i costi dipendono dalla componente energetica che ne costituisce la base e che è fortemente determinante.

L'inflazione in definitiva è una misura del livello entropico dell'ambiente: più l'entropia dell'ambiente si avvicina a un massimo, più ogni cosa diventa costosa, a ogni passaggio, lungo tutta la linea di flusso. Come abbiamo visto i costi associati alla conversione di energia salgono via via che le fonti energetiche diventano più difficili da localizzare, estrarre e lavorare, e anche i costi dello scambio di energia tra istituzioni, settori economici, gruppi e individui, salgono in corrispondenza degli aumentati costi di estrazione e lavorazione.

Abbiamo anche visto come il consumatore finale sia colpito dall'aumento dei costi perché si trova a dover pagare prezzi più alti per i generi di prima necessità. Neppure i lavoratori dipendenti vengono risparmiati, perché se è vero che i salari aumentano con il costo della vita, è anche vero che il potere d'acquisto non tiene mai il passo con i prezzi. Il guadagno medio settimanale nel 1987, in dollari a valore costante, cioè depurato dall'indice inflazionistico dei prezzi al consumo, risultava inferiore a quello del 1962.¹⁰ Il crescente divario tra le retribuzioni e il reale potere d'acquisto rappresenta il denaro distolto dalla remunerazione del lavoro e destinato a pagare il mantenimento di un flusso costante di energie non rinnovabili. Il meccanismo è il seguente: salgono i costi all'origine della linea di flusso, gli aumenti passano dall'uno all'altro potere economico, giù giù lungo la linea, dove, per compensare l'aumento dei costi, ciascuna organizzazione, dall'estrazione fino alla vendita al dettaglio, cerca di ridurre la voce salari per mantenere i profitti esistenti e il risultato è una diminuzione della paga «reale» e del potere d'acquisto.

Nella realtà, un diminuito potere d'acquisto significa che i consumatori riescono sempre meno a far fronte ai loro bisogni

energetici: cibo, indumenti, cure mediche e tutto il resto. In altri termini, come si è detto, il flusso energetico che corre attraverso il sistema umano comincia a indebolirsi man mano che l'energia (o il denaro) gli vengono sempre di più sottratti per mantenere organizzazioni economiche, macchine e impianti che governano il flusso stesso.

Mentre il cittadino, in quanto consumatore, deve sopportare l'aumento dei prezzi e, come lavoratore, la diminuzione del salario reale, come contribuente deve sopportare costi crescenti associati ai sottoprodotti da eliminare e a tutte le altre aree di disordine che si generano lungo la linea di flusso. Il contribuente si trova a pagare i costi di bonifica e di eliminazione delle massicce quantità di rifiuti che il flusso energetico produce nel sistema. Sono costi che fanno la parte del leone nel bilancio: secondo il rapporto annuale del Consiglio presidenziale per la qualità ambientale, nel 1983 i contribuenti hanno sborsato più di dieci miliardi di dollari per il controllo dell'inquinamento e le relative bonifiche.¹¹ Lo stesso Consiglio arrivò a valutare che per i dieci anni successivi la spesa sarebbe stata superiore a 361 miliardi di dollari, per la maggior parte raccolti dal governo con le tasse.¹²

Il contribuente finisce per pagare anche per la quantità di disordine sociale ed economico che nasce dalle diramazioni del flusso energetico. Certi individui, grappi o classi sociali si trovano ai margini dei processi di conversione e di scambio per il modo con cui il sistema distribuisce i ruoli e le ricompense. Se aumenta l'entropia dell'ambiente e di conseguenza aumentano i costi lungo tutta la linea, questi settori della popolazione sono i primi a risentire del cambio di rotta dell'economia e quando cresce il numero di persone delle classi povere che si trovano fuori dalla linea di flusso, il governo deve impegnarsi a tamponare le loro ristrettezze economiche in termini di assistenza e altre elargizioni. La disoccupazione, dopo tutto, è l'altra faccia del processo entropico: più in fretta si esaurisce l'energia, più persone si trovano disoccupate o sottoccupate. Le

istituzioni a tutti i livelli, locali e nazionali devono estendere il loro impegno per dar sollievo a queste vittime in prima linea davanti alla crisi energetica.

Anche verso altre aree direttamente influenzate dalla disoccupazione e dalla povertà è necessario che il governo estenda il suo intervento, per esempio sul controllo della criminalità e sulle spese sanitarie. E così ancora denaro, in forma di tasse, viene distolto dal flusso principale per potere pagare i costi della burocrazia, a loro volta in aumento. Nel 1988 il 16% della forza lavoro in America aveva un impiego in qualche ufficio pubblico o altra istituzione o agenzia governativa.¹³ Le istituzioni governative continuano a ingrossarsi perché devono fronteggiare e contenere i crescenti disordini sociali ed economici che spuntano lungo la linea e, come avviene per le organizzazioni economiche, finiscono per usare sempre più denaro per il loro puro mantenimento, aumentando quindi il fardello di tasse e diminuendo il flusso energetico destinato ai consumi della gente. Il circolo vizioso di questo processo che toglie energia alle persone per dedicarla al mantenimento e alla crescita delle burocrazie, sia economiche sia governative, aumenta di velocità finché l'intero meccanismo sociale si schianta a capofitto contro uno spartiacque entropico.

Dovrebbe essere chiaro a questo punto che le teorie economiche classiche non sono in grado di dare una soluzione alla crisi a cui vanno incontro le economie mondiali. Nelle analisi economiche, sia di matrice socialista sia capitalista, non c'è posto per la legge dell'entropia, il secondo principio continua però a sovrastare tutte le attività economiche e a non riconoscere questa verità assoluta, riorientando di conseguenza la politica economica. In poche parole si abbreviare la via che porta il pianeta al disastro economico ed ecologico.¹

1 Il confronto tra capitalismo e socialismo era ancora attuale all'epoca della pubblicazione originale, nel 1989 [N.d.T.].

Ancora oggi, come duecento anni fa quando Adam Smith espose per la prima volta i principi della moderna economia, le nazioni socialiste e capitaliste elaborano le loro dottrine economiche secondo i presupposti della dottrina meccanicistica classica.

Gli economisti di formazione capitalista continuano a guardare al sistema economico come a un processo meccanico in cui le funzioni della domanda e dell'offerta continuano a bilanciarsi l'una con l'altra, avanti e indietro come le oscillazioni di un pendolo. Prendi un qualsiasi testo scolastico di economia e ti dirà che l'economia non è altro che un gioco di dare e prendere lungo le curve della domanda-offerta. Quando la domanda dei consumatori per un qualsiasi bene o servizio è in crescita, i fornitori aumenteranno i prezzi per approfittare della situazione, ma quando poi i prezzi diventano troppo alti, la domanda rallenta o si sposta verso altri beni o servizi forzando i fornitori ad abbassare i prezzi fino al punto in cui la domanda si riaccende. Nel corso degli anni sono stati apportati molti perfezionamenti e modifiche alla teoria, ma il concetto base di un meccanismo di mercato della domanda e dell'offerta è rimasto il punto centrale di tutto il pensiero economico classico.

Pur rifiutando il meccanismo di mercato, gli economisti socialisti si trovano però d'accordo con i loro colleghi capitalisti nel considerare che l'ambiente delle risorse economiche nel suo insieme non si esaurirà mai e per quanto riguarda le questioni sulla reperibilità di nuove risorse, tutti quanti ipotizzano che le nuove tecnologie troveranno il modo di localizzare e sfruttare risorse finora rimaste intatte. Le materie prime sono considerate inesauribili.

Entrambe le teorie capitalista e socialista affermano che l'attività economica trasforma i rifiuti in nuovo valore. Ricordiamo a questo proposito il credo di Locke secondo cui ogni cosa in natura deve considerarsi perduta finché non le si applica lavoro umano per trasformarla in qualcosa che ha un valore di consumo o di scambio nella società. Capovolgendo il

primo e il secondo principio della termodinamica, l'economia moderna ha completamente travisato l'intera base di tutte le attività economiche. Ricordiamo che il primo principio stabilisce che la quantità totale di energia è fissa e non si può né creare né distruggere ma soltanto trasformare, il secondo principio stabilisce a sua volta che si può trasformare soltanto in una direzione: da disponibile a non più disponibile ovvero da utilizzabile a non utilizzabile. Quando si preleva energia dall'ambiente per utilizzarla nei processi della società, a ogni passaggio una parte viene dissipata o esaurita finché tutta quanta, compresa quella incorporata nei prodotti, finisce in una forma o nell'altra come rifiuto al termine della linea.

Molti economisti semplicemente non accettano questa verità» hanno sposato l'idea che il lavoro umano agendo sulle risorse naturali crea un maggior valore e in nessun caso lo diminuisce. Il capitale fisso, (macchinari e impianti) viene visto in ultima analisi come frutto di lavoro passato unito a risorse e quindi ancora una volta viene visto come generatore di valore economico. Costoro non riescono a convincersi che in realtà le persone e le macchine non possono creare nulla ma possono soltanto trasformare, trasformare l'energia esistente e disponibile convertendola da forme utilizzabili a forme esauste e con questo fornendo una «temporanea utilità» lungo il processo.

Gli economisti sono così fortemente legati all'idea che il lavoro umano e le macchine creano sempre valore perché credono nel paradigma del progresso materiale permanente e illimitato, ma come ben sappiamo dal secondo principio della termodinamica, ogni volta che l'energia umana, meccanica o qualsiasi forma viene spesa per dar vita a un valore, questo avviene a spese dell'ambiente globale in cui si crea un maggior disordine e una maggiore quantità di rifiuti. Sappiamo anche che i prodotti che abbiamo ottenuto e che oggi rappresentano un valore, potranno eventualmente avere anch'essi una fine come rifiuto o energia dissipata. Non esiste quindi qualcosa che

rappresenti il progresso «materiale» nel senso dell'accumulo di una scorta «perenne» di beni utilizzabili: qualsiasi cosa realizziamo a questo mondo potrà finire come polvere nel vento.

Le implicazioni di questi meccanismi sono straordinarie. Consideriamo per un momento il concetto di produttività. I sistemi capitalisti e socialisti definiscono la produttività come velocità di produzione, o quantità di prodotto nell'unità di tempo e premiano chi esegue un determinato compito il più in fretta possibile. Una misura termodinamica della produttività sarebbe più appropriata e dovrebbe dare più importanza all'entropia generata per unità di prodotto piuttosto che alla velocità con cui esce. Anni or sono fu condotto uno studio sulla quantità di energia richiesta per fabbricare un'automobile e la conclusione fu che l'energia impiegata era di molte volte maggiore rispetto a quella strettamente necessaria per la costruzione. Il perché di tutta quell'energia in più risultava dovuto alla necessità di fare uscire l'auto il più rapidamente possibile dalla catena di montaggio. Più si dà importanza alla velocità di conversione, più si richiede un eccesso di energia rispetto al minimo indispensabile per fare il prodotto; molta dell'energia sprecata nelle moderne economie industriali rappresenta il prezzo che paghiamo per la velocità.

C'è un caso abbastanza interessante che chiunque si sia lasciato sorprendere dal serbatoio quasi vuoto guidando su un'autostrada deserta dovrebbe aver avuto modo di sperimentare, arrivando a capire la differenza tra produttività definita come velocità per unità di prodotto ed entropia generata per unità di prodotto. Davanti alla prospettiva di finire la benzina senza sapere bene a che distanza si trova la prossima stazione di servizio, l'automobilista ha due scelte: può accelerare per cercare di raggiungere più in fretta la stazione o può decidere di guidare più lentamente. Non c'è da meravigliarsi se in una simile situazione molti di noi reagiscono accelerando, pensando che la velocità aumenti in qualche

modo la probabilità di arrivare alla stazione di servizio. A ben guardare, tuttavia, è vero proprio l'opposto e cioè che usando la benzina con più giudizio si può percorrere un po' di distanza in più. E' vero che ci vuole più tempo, ma il tempo perso si ricompensa con l'energia risparmiata che viene utilizzata percorrendo una distanza maggiore. Parlando di efficienza termodinamica misuriamo la produttività come minore entropia prodotta e non come velocità per ottenere un risultato.

La legge dell'entropia ci dice anche che ogni volta che aumentiamo la velocità con cui una macchina o anche il lavoro umano spendono energia, la diminuzione locale di entropia rappresentata dal valore aggiunto del prodotto genera un disordine sempre più grande nel resto dell'ambiente e pertanto, fino a che si continuerà a misurare la produttività come velocità di produzione, si userà sempre più energia del necessario per convertire le risorse in oggetti di valore economico. Intensificare il flusso energetico avrà la conseguenza di generare maggior disordine e quindi accumulare altra entropia che verrà in definitiva pagata da tutta la società. *Haste makes waste* (La fretta produce rottami) come «La gatta frettolosa fa i gattini ciechi» sono vecchi proverbi che contengono l'interpretazione intuitiva della legge dell'entropia nella pratica quotidiana.

Fino a che vi furono abbondanti disponibilità di combustibili fossili e di tutta la varietà di metalli che erano serviti a configurare e far funzionare il sistema industriale, poteva sembrare logico definire la produttività in termini di velocità di produzione, ma ora che le basi energetiche e materiali vanno sempre più esaurendosi e l'entropia, residuo anche di passate attività economiche, si accumula a una velocità che il sistema non è più in grado di assorbire, si sente la necessità che gli economisti riformulino il concetto di produttività in maniera radicale, per poter adattare i processi di produzione e consumo alle condizioni dell'efficienza termodinamica.

I professionisti dell'economia non hanno ancora capito che «la legge dell'entropia è la coordinata fondamentale della scarsità».¹⁴ In nessun caso questo è così ovvio come nella discussione sul «pareggio dei bilanci». Mentre tutti riconoscono che una società non può continuare a consumare più velocemente di quanto produca, gli economisti continuano a ignorare il fatto che il pareggio definitivo del bilancio non si fa all'interno della società, ma tra società e natura. I teorici classici dell'economia non sono riusciti ad affrontare il problema del deficit perché hanno sempre trascurato di prendere in considerazione il contesto ambientale» più ampio di quello classico» in cui oggi l'economia si muove. Essere vicini al pareggio del bilancio richiede che la società non consumi più rapidamente del ritmo con cui la natura può smaltire i rifiuti e ricostituire le risorse, L'accumulo dei gas serra nell'atmosfera e la tendenza al riscaldamento globale sono il tragico risultato della nostra civiltà che rifiuta di bilanciare i programmi di produzione e consumo con i programmi di riciclo della natura. Abbiamo disperso in atmosfera CO₂, N₂O, clorofluorocarburi e uretani a un ritmo superiore a quello con cui l'ecosistema Terra poteva assorbirli e riciclarli, creando così una crisi ecologica ed economica senza precedenti.

Gli ecosistemi operano il più vicino possibile a uno stato stazionario e i principi della termodinamica ci insegnano che è impossibile raggiungere un perfetto stato stazionario. Tutto il processo di conversione da uno stato di bassa entropia a uno di entropia più elevata si compie a una velocità commisurata alla capacità del sistema di bilanciare produzione, consumo e riciclo. I rifiuti vengono generati, assorbiti e riciclati per un successivo impiego» mantenendo il ciclo ecologico in equilibrio. Riciclo e recupero al 100% sono termodinamicamente impossibili, ma gli ecosistemi naturali si avvicinano il più possibile allo stato ideale di equilibrio, come abbiamo detto, tra produzione, consumo e riciclo.

L'attività economica non è altro che l'intervento umano nel ciclo ecologico, dove si prelevano risorse a basso livello entropico, le si convertono in beni temporaneamente utilizzabili e poi si eliminano come rifiuti a contenuto entropico più elevato. Se la società preleva materia ed energia a bassa entropia, le converte in beni utili e poi elimina i rifiuti con una velocità che normalmente è superiore ai processi di conversione della natura, il deficit si accumula, i rifiuti vengono scaricati nel sistema più in fretta di quanto possano essere riassorbiti, si crea un crescente disordine nell'ambiente e una rincorsa di esternalità nell'organizzazione sociale. Nel contempo la materia e l'energia disponibili si esauriscono più in fretta di quanto la natura possa riciclare e ricostituire, generando un impoverimento della natura e costi di approvvigionamento sempre maggiori per la società. È chiaro allora che qualsiasi impiego di risorse non rinnovabili, quali il petrolio o il gas naturale, automaticamente aumenta il deficit e che comunque, in pratica, queste risorse non rinnovabili rappresentano un capitale ecologico di entità prefissata, che può essere usato una volta sola.

Riducendo al minimo l'impiego delle risorse non rinnovabili e usando le risorse rinnovabili solo a una velocità compatibile con quella con cui si ricostituiscono, sarà possibile minimizzare il deficit tra consumo nella società e produzione nella natura.

Molto legato agli equivoci sulla natura dei bilanci in pareggio e dei deficit c'è il problema del denaro e del debito.

Per anni alcuni studiosi isolati come Fredrick Soddy e Herman Daly hanno tentato di mettere in evidenza la contraddizione piuttosto ovvia che esiste tra le convenzioni su denaro e debito nella società, da un lato, e fluire entropico della natura, dall'altro, ma la loro critica è stata ignorata dagli economisti. Il denaro, per esempio, è una forma di debito nazionale, in rapporto alla ricchezza fisica di tutta la comunità

esso rappresenta la parte che l'Individuo è libero di scambiare in futuro, al posto del benessere di oggi. Il problema che gli economisti trascurano del tutto è che il potere di generare ricchezza fisica da parte della comunità, non è inesauribile, i principi della termodinamica stabiliscono dei limiti insuperabili, mentre invece non esiste un limite al denaro che si può produrre e mettere in circolazione. Il problema appare più evidente se si considera il debito con interesse composto. Come già più di cinquant'anni or sono mise in evidenza il premio Nobel per la chimica Frederick Soddy:

I debiti sono soggetti alle leggi della matematica più che a quelle della fisica. A differenza della ricchezza, che è soggetta alle leggi della termodinamica, i debiti non deperiscono con l'invecchiamento e non si consumano nell'arco della loro esistenza. Al contrario, crescono con un tasso annuo che risponde alle ben note formule matematiche dell'interesse semplice e composto.¹⁵

L'economista Herman Daly spiega le inevitabili conseguenze della società che pone a confronto la nozione matematica di interesse composto con la realtà fisica termodinamica, dicendo che mentre il debito continua a crescere al suo interesse composto, senza limiti, la ricchezza reale in senso fisico non può crescere alla stessa velocità «perché la sua dimensione fisica è soggetta alla forza distruttiva dell'entropia».¹⁶ Facendo eco a Frederick Soddy, Daly conclude dicendo che:

Poiché la ricchezza non può crescere continuamente con la stessa velocità del debito, il rapporto uno a uno tra le due grandezze arriva a un punto di rottura, vale a dire che deve verificarsi un certo non riconoscimento o una cancellazione del debito. La ricompensa positiva che darebbe l'interesse composto deve venire cancellata da forze di non

riconoscimento del debito, che la contrastino, quali l'inflazione, la bancarotta o una tassazione da rapina, cose tutte che alimentano la violenza.¹⁷

A ogni passaggio dell'intero ciclo produttivo e commerciale si effettua del lavoro e quindi si spende energia, sia fisica sia meccanica. Parte dell'energia viene incamerata nel prodotto e parte si disperde, e questo significa che più passaggi vi sono in un processo economico, più energia va perduta. È sempre lo stesso principio valido per tutti i processi produttivi, descritto nella parte seconda di questo libro tramite una semplice catena alimentare. Nelle società fortemente industrializzate i passaggi del processo economico continuano a proliferare, questo significa che sempre più energia va dispersa lungo le linee produttive e il disordine che ne deriva crea alla società problemi a lungo termine, sempre più gravi.

Prendete per esempio la brioche della prima colazione, Come mostreremo nel prossimo capitolo, il processo che la moderna agricoltura petrolchimica impiega per produrre grano visto nella sua realtà è estremamente inefficiente dal punto di vista energetico, ma una volta cresciuto e raccolto il grano, la follia si moltiplica più volte grazie alla nostra mania dei cibi pronti. Elenchiamo soltanto alcuni dei passaggi per arrivare alla vostra brioche, richiedenti tutti energia. (1) Il grano si trasporta con furgoni alimentati con carburante di origine fossile e fatti di materiali non rinnovabili. (2) Arriva a una grande forneria integrata che ospita numerose macchine, le stesse che con scarsa efficienza, raffinano, cuociono e poi confezionano la brioche. Nella forneria il grano (3) viene macinato, la farina è raffinata e spesso, (4) sbiancata. Sono processi che danno un pane bianco, bello a vedersi, ma che impoveriscono il frumento dei suoi elementi vitali e così (5) la farina viene addizionata con macina, ferro, tiamina e riboflavina. In seguito, per essere sicuri che la brioche possa resistere a lunghi viaggi in furgone fino ai magazzini dove verrà conservata negli scaffali (per giorni o

settimane), si aggiunge un conservante, (6) propionato di calcio, insieme con vari regolatori di impasto: (7) solfato di calcio, fosfato monocalcico, solfato d'ammonio, enzimi del lievito, bromato e iodato di potassio. A questo punto l'impasto viene (8) cotto e (9) messo in una scatola di cartoncino che sarà stata (10) dipinta a vivaci colori per attirare lo sguardo sullo scaffale.

Scatola e brioche vengono (11) messe in un sacchetto di plastica (di origine petrolchimica) chiuso con un nastro di plastica (con altri ingredienti petrolchimici). Le confezioni vengono poi (13) caricate su un furgone che le trasporta (14) al supermercato alimentare: ambiente con aria condizionata, luci fluorescenti e sottofondi musicali. Finalmente arrivi tu, cliente (15) che guidi due tonnellate di metallo fino al negozio e poi torni indietro e infine fai rigonfiare la tua brioche nel tostapane. A seconda dei casi dovrai gettare l'involucro di plastica e il cartoncino che (17) dovranno poi essere smaltiti come rifiuti solidi. Tutto questo si fa per appena 130 calorie, quelle di una confezione di dolce.

L'energia spesa per l'intero processo è stata di decine di migliaia di calorie, inoltre secondo alcune evidenze scientifiche gli additivi e l'assenza di fibre di questi pani raffinati possono costituire un vero pericolo per la salute. Per finire, l'energia incorporata nella brioche a ogni passaggio del processo è stata insignificante rispetto all'energia dissipata negli stessi passaggi.

Meno del 20% del totale dell'energia spesa nel sistema alimentare viene impiegato nella coltivazione, il rimanente 80% viene impiegato nella lavorazione, nel confezionamento, nella distribuzione e poi nella preparazione del cibo. Nella preparazione della suddetta brioche, si è speso per la lavorazione circa il doppio di energia (33%) di quanto si sia speso per la coltivazione del frumento con cui è stata fatta (18%).¹⁸

L'industria delle preparazioni alimentari è attualmente la quarta industria del Paese in ordine di consumi energetici, dopo

quella metallurgica, chimica e petrolifera. Secondo certe fonti, quasi il 6% del bilancio energetico nazionale si consuma per la preparazione di alimenti e sembra che per la parte industriale sia anche qualcosa di più.

E ancora: tra il 1984 e il 1988 la produzione dei recipienti per il confezionamento è aumentata del 19% mentre se consideriamo solo gli involucri in plastica l'aumento della produzione è di quasi il 50%.¹⁹

La crescita del settore imballaggi è stata accompagnata dal nascere di una nuova industria: un intero esercito di «tecnologi degli alimenti» si preoccupano che il cibo che ci viene fornito abbia esattamente il colore artificiale previsto, il giusto sapore, il giusto profumo e una corretta consistenza. Nulla può essere lasciato al caso. Come ebbe a dire uno di questi tecnologi alimentari: «È difficile competere con il Padreterno» ma ci stiamo provando». E in effetti ci provano: ogni anno vengono aggiunti al nostro cibo qualcosa come 500 milioni di dollari di prodotti chimici sintetici che comprendono 2500 diversi additivi. Nel 1979 ogni americano ha consumato in media 4 kg di additivi» quasi il doppio rispetto al 1970. Ogni anno vengono immesse negli alimenti 1800 tonnellate di coloranti» un buon sedici volte di più di quanti se ne erano usati nel 1940. Oggi mangiamo più cibi artificiali o sintetici che cibi naturali.²⁰

La convenienza dei cibi pronti che è stata pubblicizzata come mezzo per liberare gli individui dalla «schiavitù» del tempo passato in cucina a preparare il cibo, nella realtà sta incatenando l'umanità agli effetti di una sempre più grande ricaduta entropica.

Il poco tempo che risparmiamo in cucina è più che superato dal tempo che dobbiamo impiegare lavorando e spendendo energia fisica per guadagnare abbastanza denaro e poter pagare il prezzo dei cibi pronti» in continuo aumento. Ogni passaggio della preparazione dei cibi pronti richiede energia e come conseguenza del flusso energetico che percorre tutta la catena alimentare assistiamo a una concentrazione di

potere nelle mani di un sempre più sparuto gruppo di aziende proprietarie delle tecnologie alimentari, a una perdita di salubrità della dieta americana e a un crescendo nell'uso delle energie non rinnovabili.

L'industria alimentare è uno specchio di quello che avviene nelle altre maggiori industrie quali la petrolchimica, i trasporti su auto» camion e aerei, le fibre sintetiche, tutte industrie che si svilupparono in un'epoca di intensi flussi energetici. Sembrano tutte attività che generano valore (più prodotti, più convenienza) mentre attualmente esse stanno soprattutto distruggendo le risorse energetiche del pianeta. Il sistema economico alimenta ancora l'illusione che si stia creando un mondo più ordinato e più ricco di valore materiale, perché si guarda soprattutto al valore aggiunto o alla diminuzione di entropia, e non si vede la dissipazione di energia e l'incremento entropico generale.

Se si riconoscesse a pieno diritto la legge dell'entropia, la società avrebbe sempre presente il concetto che ogni volta si usi una parte delle riserve disponibili di materia o energia, due sono le conseguenze: la prima è che da una parte o dall'altra l'individuo, le istituzioni, la comunità o la società finiscono per pagare con il disordine creato per fare un prodotto più di quanto non sia il valore d'uso del prodotto stesso; la seconda è che sempre meno energia sarà disponibile per gli impieghi futuri. Queste verità rigettano indietro il modo con cui abbiamo guardato il mondo per centinaia di anni. Tutta la moderna visione del mondo si ispira ai principi della scienza baconiana, della matematica cartesiana e della meccanica newtoniana e il sistema capitalista, come quello socialista, hanno tentato di governare la realtà fisica sulla base di quelle concettualizzazioni. I concetti fondamentali di tutti i tre paradigmi sono: l'assoluta ripetibilità di ogni osservazione (il metodo scientifico) e l'assoluta reversibilità di ogni processo, matematica universale e processi meccanici. Nel mondo reale invece nulla si osserva due volte in modo identico e nessun

avvenimento è perfettamente reversibile. La legge dell'entropia ci dice che tutta la realtà fisica si svolge soltanto in una direzione e che, anche se in matematica il tempo si può immaginare reversibile e a ogni $-t$ può corrispondere un $+t$. questa reversibilità non esiste nel mondo fisico.

A questo punto appare sconcertante pensare che in questi ultimi secoli si sia tentato di organizzare il mondo sulla base della meccanica razionale, della matematica e del metodo scientifico, quando il mondo reale semplicemente non si attiene ai postulati centrali di reversibilità e di perfetta riproducibilità. In realtà ognuno di noi, quando abbandona questo mondo, lo lascia un po' meno ricco a causa del suo passaggio. Quando ci vantiamo di aver prodotto tanta energia, quello che in realtà abbiamo fatto è di averne consumata ancora di più dalle riserve del pianeta. Da questo punto di vista il prodotto nazionale lordo potrebbe essere meglio definito costo nazionale lordo, perché per ogni risorsa consumata e utilizzata se ne ritrova una parte non più riutilizzabile.

Al giorno d'oggi il termine *consumo* appare fuorviante nella misura in cui nulla in realtà si consuma: una cosa si usa, di solito per pochissimo tempo, e poi si scarta. I dati statistici a questo proposito hanno dell'incredibile.

Nel 1987 gli americani hanno eliminato più di 200 milioni di tonnellate di rifiuti urbani solidi comprendenti più di 18 milioni di tonnellate di metalli, 16 milioni di tonnellate di vetro, 80 milioni di tonnellate di carta e 4 milioni di tonnellate di gomma.²¹ Dati non meno sconvolgenti si mettono a fuoco facendo i conti su scala personale: l'americano medio nel 1974 ha usato quasi 10 tonnellate di risorse minerarie di cui 608 kg di metalli e 8570 kg di prodotti minerali non metallici. Nell'arco della sua vita ogni americano usa una media approssimativa di 700 tonnellate di minerali, comprese circa 50 tonnellate di metalli. Se si aggiungono i combustibili fossili e il legno, l'uso pro capite raddoppia raggiungendo le 1400 tonnellate, e sono valori che non comprendono l'acqua e le necessità alimentari.²²

È stato detto in precedenza che il mondo non potrebbe sostenere un'altra America, se si considerano i dati appena citati sembra evidente che anche una sola America è più di quello che il mondo possa permettersi. Provate a immaginare il mondo intero se cercasse di produrre e consumare come gli americani. E' stato calcolato che l'americano delle classi medie con il suo stile di vita consuma energia equivalente al lavoro prodotto da duecento schiavi.²³ Buckminster Fuller ci descrive come padroni di duecento «schiavi energetici» che lavorano su risorse non rinnovabili. Guardiamo le cose da un altro punto di vista, cioè in termini di calorie necessarie a sostenere una vita umana, tenendo conto che un apporto dietetico medio è di duemila calorie al giorno: ebbene la somma delle calorie che giornalmente consumiamo usando automobili, energia elettrica, cibi confezionati e così via, è di circa duecentomila calorie, cioè più di cento volte la quantità strettamente necessaria.²⁴ In termini di consumi energetici, i 225 milioni di americani richiedono un apporto energetico equivalente a quello di oltre 22 miliardi di esseri umani!

Bisogna anche rendersi conto che nella teoria economica classica non c'è modo di fare entrare i bisogni delle generazioni future. Quando ci incontriamo come titolari di domanda e di offerta su un mercato, prendiamo decisioni basate sull'abbondanza o sulla scarsità delle cose che ci interessano. Sul mercato nessuno parla in nome delle generazioni future e perciò chi verrà dopo di noi partirà molto più povero di quanto siamo stati noi all'inizio» in termini di risorse naturali residue. Immaginate cosa succederebbe se tutte le generazioni future dei prossimi centomila anni potessero in qualche modo esercitare un'opzione d'acquisto per il petrolio che la nostra generazione sta usando. Ovviamente il prezzo diventerebbe così alto da risultare proibitivo e questo succederebbe anche se le future generazioni fossero soltanto ammesse a discutere sull'allocazione delle risorse di oggi.

Ogni importante attività economica e sociale fornisce esempi che confortano l'illusione di un progresso materiale, semplicemente perché il secondo principio viene nascosto come la polvere sotto il tappeto. Prendiamo a titolo di esempio i settori dell'agricoltura, dei trasporti, dell'urbanizzazione, della difesa» dell'istruzione, dell'ambiente e della salute. Sono tutti settori in cui siamo convinti di aver fatto enormi progressi e in cui, a parte qualche occasionale fermata o retrocessione qua e là, il progresso è di natura «costante». Guardando però più da vicino, questa dichiarazione suona illusoria, contrariamente alle aspettative, alla luce del secondo principio.

Nelle pagine seguenti esamineremo questi casi tipici per studiare l'effetto della legge dell'entropia sulle attività socioeconomiche. Il modello che si delinea per ogni settore economico si può riprodurre e applicare a ogni altro settore della società contemporanea.

L'agricoltura

L'agricoltura americana è invidiata in tutto il mondo. I campi di grano di un bel colore giallo che si stendono per miglia e miglia nelle pianure del Kansas, gli allevamenti meccanizzati sparsi in tutte le campagne del Wisconsin, i frutteti lussureggianti piantati a perdita d'occhio nella California meridionale sono apprezzati, studiati e copiati dai Paesi di tutto il mondo, Jonathan Swift ebbe una volta a dire che l'uomo che riesce a far crescere due spighe di frumento dove prima ne cresceva una sola merita il plauso di tutta l'umanità.²³ Chi potrebbe negare che l'agricoltura americana ha ottenuto successi che vanno al di là di ogni più entusiastica previsione? Negli Stati Uniti i raccolti sono cresciuti, del 2% ogni anno dal 1940 e la produzione di frumento, nel 1985, raggiunse il livello record di 347 milioni di tonnellate.²⁶ In quale altro posto al mondo, si chiedeva l'ex segretario all'agricoltura Clifford Hardin, una persona da sola potrebbe allevare 75.000 polli in una moderna batteria di alimentazione meccanizzata, o nutrire 5000 bovini in una unità di allevamento automatizzata?²⁷

Oggi oltre 100 milioni di persone muoiono di fame sulla Terra e un altro miliardo e mezzo, circa un terzo di tutta la specie umana, ogni notte se ne va a letto malnutrita.²⁸ Con una popolazione mondiale che potrebbe raddoppiare nel giro di alcuni decenni, la richiesta di prodotti alimentari, già in aumento, diventerà impellente come mai era stata nel corso della storia. L'agricoltura americana produce già oggi il 20% del grano e dei mangimi di tutto il mondo e ne esporta oltre la metà verso le altre nazioni del pianeta,²⁹ Guardando le statistiche nessuno avrebbe ragioni per negare quello che tutti d'altronde

accettano come vangelo: la tecnologia agricola americana è straordinariamente efficiente.

La verità è invece che si tratta della forma di agricoltura più inefficiente che mai sia stata inventata. Un contadino con un bue e un aratro ottiene delle rese migliori, in termini di energia spesa, che non le gigantesche fattorie meccanizzate dell'America dei nostri tempi.

Un semplice contadino che lavora con le sue mani si dice che produca dieci calorie di energia per ognuna spesa, al contrario l'agricoltore dell'Iowa può produrre fino a seimila calorie per ogni caloria spesa in lavoro umano, ma questa apparente efficienza si rivela essere soltanto un'illusione quando si va a calcolare tutta l'energia spesa nel processo. Per produrre «appena una lattina di mais che contiene 270 calorie», l'agricoltore impiega 2790 calorie, la maggior parte delle quali sono costituite dall'energia per far funzionare le macchine e da quella contenuta negli antiparassitari e fertilizzanti sintetici applicati alla coltura, e così per ogni caloria prodotta l'agricoltore americano ne usa dieci come energia di processo.³⁰

Il 12% di tutta l'energia impiegata nell'economia USA viene spesa in agricoltura.³¹ Mentre le pratiche agricole tradizionali erano fondate sul lavoro umano e quello degli animali per la coltivazione, il letame naturale e la rotazione delle colture per la conservazione e fertilizzazione del suolo e i nemici naturali dei parassiti per la difesa dei raccolti, al giorno d'oggi macchine sofisticate e prodotti petrolchimici hanno sostituito tutto questo. La pesante dipendenza dalle macchine agricole ad alta tecnologia e dai fertilizzanti petrolchimici ha fatto sì che massicce emissioni di anidride carbonica e ossidi di azoto si riversassero nell'atmosfera nel corso dei passati decenni, così che la moderna agricoltura è diventata un fattore decisivo del riscaldamento globale del pianeta.

Via via che i flussi energetici aumentavano con il sopravvento delle attrezzature complesse e dei prodotti petrolchimici che sostituivano i vecchi metodi, l'industria

agricola è andata sempre più concentrandosi in poche mani. Con i costi crescenti per far fronte alle richieste energetiche dall'agricoltura USA il piccolo agricoltore a conduzione familiare è stato letteralmente estromesso dall'azienda e sostituito dai grandi gruppi dell'agroindustria. Oggi ventinove gruppi possiedono più del 21% di tutte le terre americane coltivate,³² La prossima volta che vi siederete a tavola provate a pensare che il vostro tacchino è fornito dalla Greyhound, il vostro prosciutto dalla ITT, le verdure dalla Tenneco, le patate dalla Boeing e la frutta secca da Getty.³³ I gruppi agroindustriali in USA controllano il 51 % delle verdure fresche, l'85% degli agrumi, il 97% del pollame industriale e il 40% delle uova.³⁴ Solamente le grandi aziende possono apportare i sempre più consistenti capitali necessari a un'agricoltura sempre più meccanizzata e basata sull'impiego dell'energia. Per esempio, si calcola che il solo costo delle attrezzature agricole sia triplicato tra il 1959 e il 1971, per un valore passato da 12,1 miliardi di dollari a 33,8 miliardi di dollari,³⁵ e ancora che la quantità di denaro che sarebbe necessaria per sostituire il capitale in apparecchiature sia più che raddoppiata tra il 1972 e il 1983.³⁶

Dai tempi della seconda guerra mondiale l'impiego di fertilizzanti azotati inorganici è aumentato sette volte, da un milione di tonnellate nel 1950 a sette milioni di tonnellate nel 1970³⁷ e ancor più è aumentato l'impiego dei fitofarmaci: insetticidi, erbicidi ecc.³⁸ Fertilizzanti e fitofarmaci derivano in tutto il processo produttivo dall'energia dei combustibili fossili; non sarebbe fuori luogo dire che il cibo che consumiamo oggi è cresciuto non nella terra ma nel petrolio, inoltre, di anno in anno è necessario sempre più petrolio per produrre la stessa quantità di cibo. Secondo una ricerca autorevole i fertilizzanti azotati richiesti per avere un certo raccolto nel 1968 erano cinque volte più di quelli richiesti nel 1949, in altre parole si dovevano spendere cinque volte più lavoro o energia per ottenere lo stesso risultato.³⁹ Tra il 1960 e il 1978 l'impiego di fertilizzanti azotati venne più che triplicato,⁴⁰ ciononostante il

raccolto annuale di frumento nel 1986 è stato minore che nel 1974.⁴¹

Tutto ciò si verifica in agricoltura, come in ogni altro settore, perché ogni volta che vi si spende energia una parte si recupera nel prodotto e una parte viene dissipata. Per aumentare le rese, gli agricoltori americani hanno continuato ad aumentare l'impiego di energia che, in parte, ha effettivamente contribuito ad aumentare le produzioni ma nello stesso tempo, e in proporzione sempre maggiore, è andata perduta. Una piccola diminuzione di entropia rappresentata da rese leggermente migliori è stata vanificata dall'aumento dell'energia dissipata nell'ambiente circostante, energia che si disperde e contribuisce all'inquinamento della nostra terra, dei fiumi e dei laghi, Oltre metà dell'inquinamento delle acque e due terzi di quello dei rifiuti solidi è dovuto ai nitrati che derivano dalle infiltrazioni e fuoriuscite di fertilizzanti,

I fitofarmaci di sintesi rappresentano il secondo maggiore apporto di energia nell'agricoltura moderna, da meno di cento tonnellate nel 1950 si è passati a impiegarne 2,9 milioni di tonnellate nel 1986.⁴² I motivi di un incremento così gigantesco sono dovuti in buona parte al tipo di tecniche agricole a cui ci siamo abituati. Negli Stati Uniti un tipo di agricoltura diversificata è stato sostituito dalla monocoltura allo scopo di aumentare le produzioni. I campi a monocoltura non sono un ambiente adatto ad attirare i nemici naturali dei parassiti, pertanto, in loro assenza, si sono dovuti usare insetticidi in dosi massicce per combattere gli insetti nocivi, ma il risultato non è stato comunque un successo. Le statistiche hanno dimostrato che anche sotto l'azione di forti dosi di sostanze chimiche, la parte persa per i danni inietti dai parassiti, negli ultimi trent'anni è rimasta ferma intorno a un terzo del raccolto totale.⁴³ Tutto questo si spiega facilmente: i parassiti hanno sviluppato ceppi geneticamente adattati a resistere alle sostanze chimiche. Secondo il rapporto annuale del Consiglio governativo per la

qualità ambientale, esistono «305 specie di insetti, acari e zecche di cui si conoscono ceppi genetici resistenti a uno o più fitofarmaci». ⁴⁴ Via via che le popolazioni di parassiti continueranno a sviluppare ceppi e varietà più resistenti sarà necessario applicare sostanze chimiche di natura sempre più tossica, che favoriranno lo sviluppo di parassiti ancora più virulenti, in un circolo che cresce a ogni passaggio in violenza e costo.

Un esperto in agronomia come Deryel Ferguson giudica «spaventoso» l'effetto a lungo termine della corsa ai fitofarmaci sull'ecologia del suolo. Egli teme che il danno provocato ai terreni costituisca una minaccia di proporzioni incalcolabili. «Ogni manciata di terreno fertile contiene milioni di batteri, funghi, alghe, protozoi e piccoli invertebrati quali vermi e artropodi» ⁴⁵ e Ferguson ribadisce l'importanza del compito che tutti questi organismi svolgono nel mantenere «la fertilità e la struttura del terreno». I fitofarmaci stanno distruggendo questi organismi con i loro piccoli ma complessi habitat ecologici, accelerando quindi il processo di decadenza entropica del suolo il cui risultato finale sarà l'esaurimento e una massiccia erosione del suolo. All'impiego di tutti i prodotti chimici, fitofarmaci e fertilizzanti, è almeno in parte da imputare la distruzione di quattro miliardi di tonnellate di suolo superficiale che viene annualmente dilavato nei corsi d'acqua tributari dei grandi fiumi. ⁴⁶

Secondo il Council for Agricultural Science (Consiglio delle scienze agrarie), «un terzo di tutti i terreni coltivabili sopporta perdite di suolo troppo grandi per essere rallentate senza dover subire un calo della produttività, graduale, ma che a lungo andare risulterebbe disastroso». ⁴⁷ L'Accademia Nazionale delle Scienze calcola che un terzo del suolo superficiale delle migliori zone agricole USA sia già andato perso per sempre. ⁴⁸ Con l'erosione del suolo bisogna aumentare l'apporto di fertilizzanti chimici soltanto per compensare le perdite: nel 1974 si sarebbero dovuti impiegare fertilizzanti per un valore di

1,2 miliardi di dollari, onde reintegrare quelli persi con l'erosione.⁴⁹ La nostra tecnologia agraria americana si trova quindi presa in un circolo vizioso di apporti di energia sempre più grandi, sotto forma di fertilizzanti e fitofarmaci, e sempre più forti perdite sotto forma di erosione del suolo e parassiti ultrasensibili.

Più energia viene spesa nell'agricoltura americana, più aumenta l'entropia globale dell'ambiente, e così il disordine che si accumula e si manifesta con l'erosione e l'inquinamento aumenta i costi nel settore agricolo ma anche in tutto il resto della società. L'incremento dei costi porta a gonfiare e burocratizzare le organizzazioni economiche che si occupano di agricoltura e questi gruppi agroindustriali di dimensioni gigantesche richiedono sempre più energia solo per restare operativi, il che significa ancora energia da sottrarre alla linea di flusso mentre i costi di mantenimento naturalmente si riversano lungo l'intera linea. La vittima finale del processo è il consumatore che, alle casse del supermercato sotto casa, si trova a pagare ogni settimana qualcosa in più per il cibo, ovvero per la sua energia vitale.

Ogni passaggio di questo processo agricolo ad alta intensità energetica continuerà la sua rimonta man mano che ci avviciniamo allo spartiacque entropico determinato dalle riserve non rinnovabili di combustibili fossili.

I trasporti

Il sistema di trasporti negli Stati Uniti è il più avanzato del mondo. Noi spendiamo più tempo nel «risparmiare» sui tempi di spostamento che in ogni altra attività economica e la spesa per i trasporti ammonta al 21% del nostro prodotto nazionale lordo.⁵⁰ L'80% dei dollari spesi in trasporti è per i camion e le automobili,⁵¹ nel 1987 per le forme di trasporto più importanti si calcola di avere impiegato oltre il 28% dell'energia usata in tutte le attività economiche.⁵² Quest'ultimo valore è molto sottostimato perché non tiene conto dei costi di fabbricazione e manutenzione di tutte le attrezzature, gli impianti e i veicoli. Secondo William E. Mooz della Rand Corporation, se si aggiungessero i costi suddetti» si vedrebbe che l'industria americana dei trasporti assorbe ogni anno fino a oltre il 41% dei consumi energetici.⁵³

Contrariamente all'opinione diffusa» il sistema americano dei trasporti, come d'altronde il sistema agricolo, è diventato sempre meno efficiente nel corso degli anni, richiede cioè sempre maggiori apporti di energia per spostare la stessa quantità di merci e passeggeri da una località all'altra.

Nel corso dell'ultimo secolo» in America i trasporti americani sono passati da un sistema basato soprattutto sulle ferrovie a un sistema dove prevalgono camion, automobili e aeroplani. Oggi le auto e i camion soddisfano la maggior parte delle necessità di spostare persone e merci, si tratta di mezzi meno efficienti di altri aboliti o messi in naftalina. Ci vogliono 2,4 chilowattora di energia per trasportare un passeggero per un chilometro in automobile, mentre ce ne vogliono soltanto 0,7 per trasportare la stessa persona con un mezzo pubblico,⁵⁴

ciononostante negli ultimi venticinque anni i mezzi pubblici sono stati fortemente ridimensionati in questo Paese. Nel caso del trasporto delle merci le statistiche parlano ancora più chiaro: ci vogliono 0,12 chilowattora al chilometro per trasportare in treno una tonnellata di merci e oltre 0,5 chilowattora per lo stesso trasporto con un camion,⁵⁵ ma anche in questa situazione la quota di merci trasportate in ferrovia si è ridotta dal 50% del 1950 al 33% del 1970.⁵⁶

Tutte le principali modalità di trasporto si basano sui combustibili fossili non rinnovabili. Con l'incremento della domanda energetica, l'industria dei trasporti si è concentrata nelle mani di poche grandi compagnie: in un Paese dove per tradizione lavoravano molti diversi fabbricanti di automobili, l'industria di oggi è dominata dalle tre grandi marche, Ford, General Motors e Chrysler. Lo stesso quadro si era delineato già in precedenza per le ferrovie, gli autobus e il trasporto aereo, dove solo le maggiori compagnie possono sopportare l'incremento dei costi derivante dall'impiego sempre crescente di energia. Anche nella grande industria, comunque, si ha la sensazione di avvicinarsi a un bivio, man mano che l'economia scivola verso uno spartiacque entropico. L'industria automobilistica, leader indiscusso dell'economia americana, è stata obbligata a limitare la produzione e a fabbricare auto più piccole per l'aggravarsi della crisi energetica, anche se Henry Ford faceva notare: «Le mini auto danno mini profitti».⁵⁷

Auto più piccole e in minor quantità significano che l'intera economia è in crisi. L'automobile consuma «il 20% di tutta la produzione di acciaio, il 12% dell'alluminio, il 10% del rame, il 51% del piombo, il 95% del nichel, il 35% dello zinco e il 65% della gomma, riferiti alle produzioni USA».⁵⁸ Se guardiamo indietro al 1932 troviamo un entusiasta sostenitore dell'automobile, che così sintetizzava la grande occasione per l'intera economia, rappresentata da un'industria automobilistica in espansione:

Pensate al risultato che il mondo dell'industria realizza mettendo sul mercato un prodotto che raddoppia il consumo di lamiera di ferro, triplica il consumo di lastre di vetro e quadruplica l'impiego di gomma! L'automobile non ha eguali nella storia del mondo moderno come consumatore di materie prime.⁵⁹

Nel 1987, l'acquisto di un'automobile nuova richiedeva le entrate di oltre 23 settimane di lavoro di un americano medio.⁶⁰ Ogni ventiquattr'ore diecimila nuovi automobilisti e ventottomila nuove vetture si riversavano sulle strade.⁶¹ Oltre al prezzo d'acquisto dell'automobile, il consumatore paga l'assicurazione, la benzina, la manutenzione, i parcheggi, le autostrade, la tassa di circolazione, le tasse locali e nazionali. Tutto questo gli avrà fatto spendere più denaro di quanto ne abbia speso per il cibo.

Oggi un posto di lavoro su sei è più o meno direttamente legato all'automobile.⁶² L'automobile rappresenta uno degli aspetti più importanti della nostra cultura, basata sull'uso dei combustibili fossili, pertanto l'aumento delle spese che sosteniamo per comperare, mantenere e far marciare un'automobile è un buon indicatore della continua crescita dei costi, che si verifica lungo tutta la linea di flusso energetico, perché stiamo avvicinandoci alla fine dell'età dei combustibili fossili. La massiccia quantità di disordine portato dall'automobile è anch'essa un buon esempio di quello che succede quando un sistema economico trascura di mettere in conto gli effetti della legge dell'entropia, fino a che non sarà poi troppo tardi. Tutti i benefici che abbiamo ricevuto dall'automobile nei cinquant'anni appena trascorsi devono essere ora valutati alla luce delle penalizzazioni, che saranno anche maggiori e che dovremo pagare quando il secondo principio della termodinamica ci porterà a chiudere il suo bilancio. Il conto totale sembra più alto di quanto ciascuno di noi possa pagare, come indica una breve rassegna di alcuni dei costi presi in esame.

Il primo elemento di costo da considerare è il tempo stesso. Si pensava che l'automobile potesse ridurre il tempo necessario per spostarsi da una località all'altra, ma a ben guardare ha avuto proprio l'effetto opposto. Con l'uso generalizzato dell'auto gli americani hanno incominciato a scegliere l'abitazione sempre più lontano dal posto di lavoro, mentre quarant'anni or sono la maggior parte delle persone vivevano a una distanza dal lavoro percorribile a piedi, oggi tutti si sono distribuiti nelle cittadine ai margini dei grandi centri, qualche volta a trenta-quaranta chilometri dal lavoro. L'auto sarà anche un mezzo di trasporto più veloce di chi va a piedi, ma la velocità diventa inutile quando il traffico delle ore di punta avanza a otto-dieci chilometri all'ora, come oggi avviene in entrata e in uscita dalle maggiori città americane. La maggior parte dei pendolari oggi impiega da mezz'ora a un'ora e mezza per recarsi al lavoro e per tornare a casa» all'incirca lo stesso tempo che la gente impiegava quarant'anni or sono quando le case erano vicine al lavoro e si poteva andare a piedi o prendere un tram.

Un ex segretario ai trasporti, Alan Boyd» ebbe una volta a notare:

Se qualcuno ti dicesse di aver visto strisce di gas tossici aleggianti tra le case, un fumo nero che oscurava il sole, grandi buche piene di uomini con elmetto nelle principali strade» aeroplani che percorrevano cerchi in cielo non potendo atterrare e migliaia di persone che soffocavano le strade urtandosi e spingendosi in un disperato sforzo per uscire dalla città saresti curioso di sapere se stava parlando di una città in guerra o di una città nell'ora di punta.⁶³

In effetti, le morti e le distruzioni dovute all'automobile sono più spaventose di quanto il Paese abbia mai affrontato in tempo di guerra. Gli incidenti d'auto uccidono quarantottomila americani all'anno.⁶⁴ Secondo una stima del Consiglio

nazionale per la sicurezza, gli americani uccisi dalle automobili raggiungono un numero maggiore di tutti quelli uccisi in tutte le guerre che il Paese ha combattuto in duecento anni, pensate che solo negli ultimi trent'anni più di un milione di persone sono state uccise da un'auto!⁶⁵ In termini monetari, le perdite per danni alla salute e alla proprietà dovute agli incidenti del traffico ammontano a oltre dieci volte tutte quelle imputabili a violenze criminali. Nel 1969 i danni da incidenti si aggiravano sui tredici miliardi di dollari e a tutto il 1986 il danno complessivo che la società ha pagato per incidenti raggiunse i 74,2 miliardi,⁶⁶

Questi passivi, pur pesanti, rappresentano solo una parte del quadro. Con l'era dell'automobile sono aravate le autostrade e migliaia e migliaia di chilometri di cemento, asfalto e poi ancora cemento. Il danno ambientale provocato dall'accoppiata autostrada- veicoli a motore è fenomenale. Il cemento portland venne usato la prima volta per pavimentare un breve tratto di strada da Detroit alla contea di Wayne, raggiungendo Fairgrounds nel 1909⁶⁷ fu proprio partendo da queste umili origini che l'America si buttò in un programma di lavori pubblici destinato a diventare il più costoso di tutta la storia del mondo. Soltanto tra il 1956 e il 1970 questo Paese ha speso centonovantasei miliardi di dollari per la costruzione di autostrade, con finanziamenti in parte locali, in parte statali e in parte federali. A tutto il 1986 il costo delle autostrade pesava sul governo federale per più di quarantasei miliardi di dollari all'anno.⁶⁸

La rete autostradale interstatale misura 68.500 chilometri.⁶⁹ «Il sistema di autostrade», afferma George W. Brown, un esperto in trasporti, «divora risorse di territorio e di atmosfera a una velocità che sta diventando insostenibile.»⁷⁰ Secondo la Conferenza Nazionale degli Utenti di Autostrade, per ogni milione di dollari spesi nella rete autostradale si sono consumati 16.000 barili di cemento, 694 tonnellate di materiali bituminosi, 485 tonnellate di tubazioni in cemento e laterizio,

76.000 tonnellate di sabbia, ghiaietto, pietrisco e scorie, 10.800 kg di esplosivi, 45.800 ettolitri di petrolio, 30.000 metri di assi di legno e 600 tonnellate di acciaio.⁷¹

Il territorio degli Stati Uniti» misurato in miglia, occupa 3.600.000 miglia quadrate e vi sono oltre 3.600.000 miglia di strade, un miglio di strada per ogni miglio quadrato di territorio.⁷² Le strade sono proliferate così in fretta che oggi occupano fino al 30% dell'area disponibile nelle 53 più importanti città.⁷³ Circa due terzi dell'area metropolitana di Los Angeles è oggi dedicata esclusivamente alla circolazione o al parcheggio di automobili. A Chicago, Detroit e Minneapolis circa la metà del centro cittadino è «dedicato alla circolazione o al deposito delle automobili».⁷⁴ Non essendoci metodi per calcolare il danno arrecato alle costruzioni e alle altre strutture cittadine dal costante scorrimento, peso, movimento e in generale dall'attrito ed erosione prodotti dal traffico automobilistico in città, gli urbanisti, nello studiare gli elementi di costo nel traffico cittadino, hanno incominciato a introdurre nel loro vocabolario la parola «auto-erosione».

La bolletta entropica si avvicina alla scadenza perché il sistema autostradale nazionale sta invecchiando. Molte strade e autostrade americane avevano da venticinque a cinquant'anni all'inizio degli anni Novanta e già erano inadatte al carico di traffico che dovevano sopportare. Si calcola che uno ogni dieci chilometri dei 70.000 della rete autostradale interstatale sia in riparazione.⁷⁵ Più di un milione e mezzo di chilometri di strade negli Stati Uniti andrebbero ripavimentate entro l'anno 2000.⁷⁶

Vi sono poi anche i ponti, in America, il cui invecchiamento mette sempre più a rischio la sicurezza. Negli USA vi sono 575.000 ponti in funzione e 131.562 sono «strutturalmente inadeguati», mentre altri 112.084 sono «funzionalmente obsoleti». Riparate i ponti dell'intera nazione in un decennio costerebbe cinquanta miliardi di dollari.⁷⁷

Il piccolo recupero di entropia rappresentato da ogni chilometro di autostrada e ogni auto nuova fiammante che vi

corre sopra, è stato acquisito al prezzo di un gigantesco aumento entropico dell'ambiente, considerato nel suo insieme. Chiunque sia stato così sfortunato da abitare sul percorso di un'autostrada in costruzione avrà potuto provare sulla sua pelle gli effetti del secondo principio. Secondo D.R. Neuzil dell'Istituto dei trasporti e ingegneria del traffico dell'Università della California, circa centomila persone ogni anno vengono espropriate e costrette a traslocare per la costruzione di nuove autostrade.⁷⁸ La distruzione dei tessuti sociali di quartiere è stata pagata in termini incalcolabili e imprevedibili, come oggi confermano anche studi sociologici; infatti, distruggere degli habitat di convivenza umana da tempo insediati ha avuto, passo passo, degli effetti altrettanto deleteri che distruggere gli habitat biologici. Dal disordine che ne deriva è risultato un aumento di criminalità, disoccupazione e malattie mentali perché un quadro di vita che era divenuto familiare viene a essere improvvisamente e traumaticamente alterato. Pensate che effetto può avere sull'animo umano il vedere un intero quartiere di parecchi caseggiati che viene improvvisamente raso al suolo. Il senso di perdita totale e di smarrimento può essere paragonato, dicono gli psicologi, a quello provato dopo le distruzioni di un bombardamento in tempo di guerra.

Consideriamo infine l'inquinamento. Ogni volta che uno dei 150 milioni di veicoli (auto, camion o pullman) esistenti in America corre sulla strada, spende energia che viene dissipata in sottoprodotti tra cui: ossido di carbonio» ossidi d'azoto e idrocarburi incombusti. Nella maggior parte delle città degli Stati Uniti l'inquinamento dell'aria è dovuto principalmente alle emissioni delle auto.⁷⁹ Nel 1981 l'Accademia nazionale delle scienze aveva stimato che i danni apportati dall'inquinamento agli edifici e alle proprietà in genere ammontasse a due miliardi di dollari all'anno»⁸⁰ e tutti ormai riconoscono che l'aumento impressionante di morti per malattie cardiache e per cancro sia almeno in parte da ricondursi all'inquinamento dell'aria causato

dai gas di scarico di auto, camion e autobus. Su questo argomento ritorneremo nel capitolo sulla salute.

Ogni giorno i gas di scarico disperdono «250.000 tonnellate di ossido di carbonio, 25.000 tonnellate di idrocarburi e 8000 tonnellate di ossidi d'azoto», nel 1970 la somma di inquinanti dovuta all'automobile fu di 111 milioni di tonnellate di ossido di carbonio, 19,5 milioni di tonnellate di idrocarburi e 11,7 milioni di tonnellate di ossidi d'azoto.⁸¹

Oltre agli effetti più diretti vi sono attività così lontane dalla situazione in cui l'energia viene spesa che neanche si sospetterebbe di doverle mettere in relazione. Per esempio» chi guida in autostrada resterebbe senza dubbio colpito nell'apprendere che ogni volta che il suo piede preme sull'acceleratore potenzialmente contribuisce a danneggiare il cervello degli scolaretti di cinque o sei anni che si trovano a miglia di distanza» mentre invece oggi vi sono anni di studi che dimostrano che bambini con difficoltà di apprendimento e sintomi di «ebbrezza» irritabilità, dolori addominali» nausea e nei casi più gravi, paralisi, convulsioni e coma», hanno anche una concentrazione elevata di piombo nel sangue,⁸² E l'avvelenamento da piombo deriva per lo più dai gas di scarico delle automobili. Così riferisce uno studio approfondito dell'Ospedale dei bambini della facoltà di medicina di Harvard:

I maestri valutarono il comportamento in classe di 2146 bambini senza conoscere il livello ematico di piombo di nessuno di loro. Quando poi queste valutazioni di comportamento furono correlate con i dati sui denti caduchi (denti di latte) i ricercatori trovarono un andamento coerente e regolare: maggiore era la contaminazione da piombo e più frequentemente comparivano turbe comportamentali quali mancanza di concentrazione e di capacità organizzativa, incapacità di seguire direttive anche semplici e poi tendenza alla disattenzione, impulsività e iperattività.⁸³

Il sistema trasporti di oggi, ad alta intensità energetica, è in buona parte responsabile dell'esaurimento delle riserve petrolifere ma è anche uno dei fattori che più contribuiscono alla crisi dell'effetto serra. Secondo il World Resource Institute, il 30% di tutte le emissioni di anidride carbonica del 1987 venivano dal settore dei trasporti, mentre le centrali elettriche contribuivano per il 35%, il resto dell'industria per il 24% e le installazioni domestiche per l'11%.⁸⁴ Se si vuole effettivamente affrontare sia la crisi energetica sia l'effetto serra, si deve concentrare l'attenzione del pubblico e la politica sull'obiettivo di rindirizzare radicalmente il sistema trasporti dei Paesi industriali.

L'urbanizzazione

«Non è una novità che le maggiori città americane, alle quali è legata gran parte della storia e dello sviluppo della nazione negli ultimi duecento anni, oggi sono in declino. La questione è: se questo declino potrà essere fermato o se *tutte* le grandi città finiranno per andare in crisi e diventare fantasmi della loro antica prosperità». ⁸⁵ Sicuramente le parole qui riportate potrebbero essere state scritte da un sociologo radicale o da un sostenitore del «piccolo è bello», invece il messaggio possiede una indiscussa validità conferitagli dalla sua stessa fonte, «U.S. News and World Report», il settimanale nazionale più vicino al mondo degli affari.

Dopo la seconda guerra mondiale, con l'avvento dell'agricoltura meccanizzata basata sull'impiego di carburanti, l'America è diventata una nazione fortemente urbanizzata. Oggi l'80% della popolazione vive nelle aree urbane, più di metà della popolazione occupa appena l'1% del territorio. ⁸⁶ Un numero di abitanti compreso tra i trenta e i quaranta milioni di americani vive in appena 25.000 chilometri quadrati, compresi tra il New Hampshire meridionale e la Virginia del Nord. ⁸⁷ Per molto tempo la città è stata il simbolo di migliori occasioni, maggior lavoro e grande cultura, ora non è più così.

Vi è però un numero sempre maggiore di americani deluso dalle grandi città. I sondaggi mostrano che la maggior parte delle persone vorrebbe vivere in comunità più piccole: il 32% preferirebbe una piccola città, il 25% un sobborgo nei dintorni, il 26% preferisce le zone rurali e soltanto il 17% vorrebbe comunque una grande città. ⁸⁸ Sono desideri che poi si tramutano in azioni: tra il 1970 e il 1976 le diciassette aree metropolitane

più grandi del Paese hanno subito una perdita netta di circa due milioni di abitanti,⁸⁹ e dal 1980 al 1986 cinque di queste diciassette maggiori città hanno continuato a perdere popolazione.⁹⁰ Alla domanda perché avessero abbandonato la grande metropoli, questi emigrati rispondono di solito in molti modi: la criminalità, le tasse, il costo della vita e delle case, gli scioperi paralizzanti dei dipendenti pubblici, la perdita del lavoro, l'inquinamento. Sono tutte risposte di persone che reagiscono alle varie sfaccettature di uno stesso fenomeno: il massiccio apporto di energia necessario per sostenere la vita di una città moderna fa crescere vistosamente l'entropia dell'ambiente urbano fino a un punto in cui va considerata la questione se mantenere o meno l'esistenza stessa della civiltà urbana.

La città come la intendiamo ora, milioni di persone ammassate in enormi megalopoli che coprono centinaia di chilometri quadrati, è un'istituzione sociale relativamente nuova, risalente all'inizio dell'impiego dei combustibili fossili. Prima che si sviluppassero i moderni centri urbani le persone, già da centinaia di anni, vivevano in «città», ma queste ultime difficilmente si sarebbero definite tali secondo le concezioni moderne. L'antica Atene, per esempio, aveva soltanto cinquantamila abitanti e Babilonia ne aveva poco più di centomila. Secoli dopo, durante il Rinascimento, l'ampiezza delle aree urbane era cambiata ben poco, la Firenze di Leonardo da Vinci vantava cinquantamila residenti e l'intera popolazione di Roma, all'epoca in cui Michelangelo dipinse la volta della Cappella Sistina, si aggirava sulle 55.000 persone. Alla fine del Sedicesimo secolo la maggior parte delle città europee ospitava meno di ventimila abitanti, all'epoca della rivoluzione americana le due più grandi città coloniali, Boston e Filadelfia, non avevano raggiunto i cinquantamila e New York City rimaneva terza a distanza.⁹¹

Con il diffondersi della rivoluzione industriale, all'inizio del Diciannovesimo secolo, tutto prese a cambiare a vista d'occhio. Nel 1820 Londra fu la prima città ad avere una popolazione di

oltre un milione di abitanti; all'inizio del 1900 vi erano undici città con popolazione oltre il milione; nel 1950 ve ne erano settantacinque; nel 1976 le aree urbane con un milione o più di abitanti erano centonovantuno. Al giorno d'oggi 273 città, la maggior parte delle quali nel Terzo Mondo, hanno una popolazione che supera il milione di abitanti.⁹²

Gli abitanti della città, rapportati alla popolazione mondiale, stanno diventando una maggioranza. Del miliardo di persone che si calcola fossero al mondo nel 1800, forse venticinque milioni, cioè il 2,5%, vivevano in città, nel 1900 il 15% della popolazione mondiale abitava in città, nel 1960 vi abitava un terzo della popolazione e nel 1987 circa il 43%. Con la velocità di crescita che si osservava all'inizio degli anni Novanta, entro l'anno 2000 le persone che vivono in città di oltre centomila abitanti dovrebbero essere più numerose dell'intera popolazione mondiale del 1960.⁹³

L'incredibile esplosione della vita urbanizzata è il diretto risultato del radicale cambiamento del quadro di risorse energetiche che si è verificato negli ultimi due secoli, questo perché una città può sopravvivere solo se è capace di raccogliere l'energia disponibile dall'ambiente circostante e usarla o immagazzinarla per la sopravvivenza del tessuto urbano. Le città ebbero origine migliaia di anni or sono con la scoperta delle colture di cereali, i cui semi duri si prestano a una lunga conservazione, a differenza di frutta e verdura deperibili. Passando in rassegna le città nelle epoche precedenti l'era dei combustibili fossili, possiamo classificare diverse aree urbane secondo la loro prevalente fonte energetica: «città della segale, città del riso, città del grano, città del mais».⁹⁴

Sebbene le granaglie potessero fornire il fondamento energetico per la vita in città, la coltivazione dei cereali, fino alla fine del Settecento, poneva limiti abbastanza rigidi alla popolazione e alla dimensione fisica della città stessa, perché l'agricoltura tradizionale non poteva produrre esuberi in una quantità tale da mantenere una imponente popolazione urbana

di persone che non producevano alimenti. Inoltre, la dipendenza dalla campagna per il sostentamento energetico, cioè per il cibo, impediva alle aree urbane di invadere larghe fette di territorio, come accade invece oggi, per il pericolo di distruggere le loro stesse risorse alimentari. Le mura difensive che circondavano le città antiche e medioevali avevano un'utilità che andava oltre la semplice protezione contro le invasioni: assicuravano che la città non sarebbe cresciuta oltre i limiti di sostenibilità dell'ambiente energetico circostante. La grande città di Babilonia, per esempio, comprendeva un'area di appena 8,3 km² e le mura della Londra medioevale racchiudevano un'area che era appena l'1% della dimensione attuale. Le antiche città non potevano basarsi su alimenti provenienti da molto lontano. Fino al sopravvenire dell'era dei combustibili fossili la maggior parte dei trasporti erano affidati al traino umano o animale e così le risorse energetiche della società trovavano dei limiti invalicabili nella velocità del trasporto e nella distanza a cui ci si poteva ancora procurare gli alimenti.

L'unico ben noto esempio che si incontra nella storia e che faccia eccezione a queste limitazioni è l'antica città di Roma, che al suo apice si ingrandì fino ad avere una popolazione di circa un milione di abitanti. Era pur vero che Roma poteva sostenersi soltanto colonizzando qualsiasi cosa trovasse sul suo cammino. Senza la sua vasta riserva di schiavi, le sue tecniche di coltivazioni intensive, i faraonici programmi di costruzione di acquedotti e soprattutto senza l'esercito imperiale, Roma non avrebbe probabilmente potuto sostenere la sua popolazione. In un certo senso si era dovuto rapinare tutto il mondo allora conosciuto per superare i limiti naturali imposti dall'unica naturale fonte energetica: il binomio agricoltura- energia solare. Murray Bookchin esprime bene il concetto scrivendo: «La caduta di Roma si può spiegare con la nascita stessa di Roma. La città latina si sollevò fino a vertici imperiali, non grazie alle risorse delle sue campagne, ma per le spoglie accumulate nel

sistematico saccheggio del vicino Oriente, dell'Egitto e del Nordafrica. Lo stesso processo che servì all'affermazione di Roma come città mondiale, la distrusse»,⁹⁵

Una volta avviatasi sulla via dell'espansione urbana, Roma si era gettata in una battaglia persa in partenza. Più la città cresceva più richiedeva apporti energetici, più energia correva attraverso il tessuto urbano e più grande disordine ne risultava, più cresceva il disordine più pesanti diventavano le infrastrutture pubbliche per affrontare i vari tipi di caos, in un processo che, semplicemente, non si poteva sostenere all'infinito. I canali di approvvigionamento energetico garantiti dall'esercito divennero così impraticabili che i militari consumavano più energia di quanta ne riportassero alla città. Il sistema cominciava a provare gli effetti della diminuzione delle rese agricole, a causa dello sfruttamento intensivo del suolo, gli schiavi diventavano troppo costosi da nutrire e da alloggiare, la burocrazia amministrativa divenne così mastodontica e costosa da non essere più sostenibile. A questo punto la città, gonfiatasi esageratamente, prese a collassare da dentro e da fuori ritornando, dopo tutte le conquiste militari, al naturale equilibrio ecologico con il suo ambiente energetico. Roma, dopo la caduta dell'impero, contava appena trentamila abitanti.

Roma funge da esempio pratico per capire quello che succede quando un'area urbana cerca invano di ignorare i limiti alla crescita che le risorse circostanti le impongono. Cercare fonti energetiche provenienti da luoghi lontani può servire a ritardare i tempi del collasso, ma in un caso o nell'altro il giorno della resa dei conti deve arrivare. Una situazione analoga si presenta ai giorni nostri: le moderne aree urbane sono sostenute da una sorta di colonizzazione del mondo abbastanza simile a quella che nutriva l'antica Roma, e, come Roma, avendo esaurito la capacità produttiva delle fonti energetiche locali, sono diventate estremamente vulnerabili ed esposte al collasso, qualora si toccassero i limiti delle fonti nazionali e internazionali di approvvigionamento.

Tutto ciò è più che mai evidente se si considerano le necessità alimentari di una città moderna. Una tipica area urbana di un milione di abitanti richiede una fornitura giornaliera di 2 milioni di chilogrammi di alimenti⁹⁶ e per ottenere queste duemila tonnellate di nutrimento la città è completamente dipendente dal sistema agricolo, basato a sua volta sui combustibili fossili. Senza gli elevati rendimenti delle colture petrolchimiche e senza un sistema nazionale di trasporti che sposta grano, arance e carni bovine per migliaia di chilometri verso tutte le aree urbane sparse qua e là, le più grandi città si trasformerebbero ben presto in scenari da fame di massa. Ma come abbiamo appena visto, la disponibilità in declino e i costi in crescita dei combustibili fossili, vera ossatura del sistema americano di agricoltura e trasporti, minaccia la sopravvivenza dello stesso sistema agricolo da cui le città dipendono.

Da dove arriverà il nutrimento per New York, Chicago e Los Angeles? Non certo dalle campagne circostanti. A causa del dilagare delle zone urbanizzate, decine di milioni di ettari di terreni potenzialmente agricoli sono stati trasformati in strutture di cemento, plastica e acciaio.⁹⁷ E neppure gli alimenti potranno venire dall'interno della città stessa, anche se è vero che nelle città del passato buona parte del territorio entro le mura veniva riservato a piccole coltivazioni: da quando le città hanno iniziato a ingrandirsi queste potenziali fonti alimentari sono state sempre di più convertite ad altri scopi.

Le maggiori aree urbane sono pericolosamente dipendenti da territori lontani anche per altri tipi di risorse. Una città di un milione di abitanti richiede di essere approvvigionata giornalmente con 9500 tonnellate di combustibili e 625.000 tonnellate di acqua dolce.⁹⁸ In America la costruzione e manutenzione dei grandi edifici, per lo più costruiti nelle maggiori città, assorbe il 57% di tutta l'energia elettrica prodotta nel Paese, e soltanto per l'illuminazione si consuma un quarto della produzione nazionale di elettricità.⁹⁹ Certi

edifici-mammut come il newyorchese World Trade Center succhiano 80,000 chilowatt, tanto quanto basterebbe a servire l'intera città di Schenectady, nello Stato di New York, A Chicago, il Sears Building consuma più elettricità di tutti i 147.000 abitanti di Rockfort, in Illinois. E anche per altri tipi di risorse si richiedono massicci approvvigionamenti. Il Sears Building, per esempio, contiene 130 chilometri di cavi per gli ascensori e il cemento impiegato per la costruzione potrebbe coprire l'area di settantotto campi da football,¹⁰⁰ Altre risorse sono infine necessarie per mantenere gli edifici in buono stato, nelle città di un Paese come gli Stati Uniti, l'acciaio si deteriora così rapidamente che il costo delle parti da sostituire si valuta in 20 miliardi di dollari all'anno.¹⁰¹ Senza un massiccio apporto energetico, nelle sue forme più varie, la città decade, si perdono posti di lavoro e la vita urbana diventa intollerabile. Si tratta di processi già in atto, e anche abbastanza avanzati, in alcune delle città più vecchie del Paese. Secondo una ricerca dell'Urban Institute sulle condizioni delle infrastrutture di base quali fognature, strade, ponti, sistema dei trasporti e opere idrauliche nelle maggiori città americane, si rendevano necessarie spese molto pesanti da prevedersi già per i dieci anni successivi. Si tratta di cifre da far tremare: per evitare il collasso della sua struttura fisica, la città di New York avrebbe dovuto spendere dodici miliardi di dollari in dieci anni per sostituzioni, riparazioni e manutenzione in genere. Anche una piccola città come Cleveland avrebbe dovuto spendere oltre settecento milioni di dollari per mantenere in buono stato le sue infrastrutture negli anni a venire.¹⁰²

Grandi città significano grandi apporti di energia» per sopravvivere, ma l'energia, a sua volta, correndo nelle infrastrutture del tessuto urbano genera vari tipi di disordine. Per esempio, un flusso energetico intenso provoca cambiamenti nell'ecosistema cittadino, dove infatti la media annua delle temperature è di tre o quattro gradi più alta che nelle zone circostanti. Il fenomeno è dovuto agli scarichi delle

centrali elettriche, delle auto, dei condizionatori d'aria e al disturbo che strade ed edifici arrecano alla riflessione dei raggi solari. Gli inquinanti atmosferici in città sono dieci volte più intensi che in campagna e inoltre i consumi energetici generano altri fenomeni meteorologici quali: 100% in più di foschia invernale e 30% in più di foschia estiva, 5 o 10% in più di pioggia o neve, da 5 a 15% in meno di radiazione solare e 20 o 30% in meno di vento.¹⁰³

Un livello elevato di consumi energetici e il conseguente accumulo di rifiuti porta con sé serie conseguenze sulla salute degli abitanti delle città: frequenza dei casi di cancro più alta della media, più bronchiti, più ulcere e malattie cardiache. Chi abita nelle grandi città spesso manifesta un comportamento antisociale, ostilità ed egoismo maggiori di chi vive in ambienti a minore concentrazione di energia. La percentuale di suicidi è maggiore nelle grandi città e così anche per il numero di ricoveri in ospedale psichiatrico; malattie quali schizofrenia, neurosi e disturbi della personalità sono tutte considerevolmente più frequenti in ambiente urbano. Anche soltanto le statistiche della criminalità lasciano esterrefatti: contro 5,7 omicidi ogni 100,000 abitanti in città di 25- 50.000 persone, stanno i 29,2 omicidi ogni 100.000 abitanti nelle città che superano il milione. In una città di centomila abitanti si contano in media trecento episodi di violenza all'anno, in una città di oltre un milione se ne contano 11.880,¹⁰⁴

La densità della popolazione urbana e la vita frenetica influiscono sulle relazioni e interrelazioni umane in modo anche più sottile. Si calcola, per esempio, che una persona in una zona qualsiasi del centro di Manhattan può «incontrare» 220.000 persone nell'arco di dieci minuti, ed essendo ovviamente impossibile prestare attenzione a ciascuno, ogni abitante di città istituisce una sorta di processo di selezione per dedicare il minor tempo e la minore attenzione possibili a ogni incontro. I cittadini tipicamente scartano gli incontri a «bassa priorità», come i vagabondi e gli ubriachi; dozzine di persone

possono trovarsi a essere testimoni di un atto criminoso senza denunciarlo o aiutare la vittima. Il semplice atto di camminare per strada implica l'assunzione di un'espressione scostante per tenere lontane le persone che costituiscono una «occasione» indesiderabile. Per risparmiare energie psichiche, nelle grandi città la gente si comporta in modo amichevole con molte meno persone di quanto succeda nelle zone di campagna, dove la popolazione è più dispersa. I vicini di casa sono spesso totalmente anonimi. Siamo come marinai in una barca di salvataggio, circondati dall'acqua ma senza una goccia da bere.

Una vita così intensamente urbanizzata tende a distruggere ogni possibilità di effettiva partecipazione politica. In una piccola città a chiunque può succedere di incontrare il sindaco e discutere con lui un problema locale, ma nelle città più grandi l'opinione e la partecipazione personale diventano quasi insignificanti. Un membro del consiglio comunale di New York rappresenta in media 239.000 persone, se passasse tutti i giorni dell'anno per otto ore al giorno a non fare altro che parlare, dedicando un quarto d'ora a ciascuno dei suoi elettori, riuscirebbe a entrare in colloquio soltanto con diecimila di essi.

Kirkpatrick Sale, in una ricerca in cui analizzava la qualità della vita nelle grandi città (oltre il milione di abitanti) in confronto con le più piccole (sotto 100.000 abitanti), dimostrava che dovunque si vada a guardare i grossi centri urbani sono di qualità inferiore alle piccole comunità decentrate. Le grandi città non solo sono più vulnerabili alla disoccupazione di massa in periodi di crisi economica, ma come media giornaliera: «si riscontrano maggiori costi di trasporto per via del traffico, maggiore morbilità e mortalità tra i lavoratori a causa dell'aria e dell'acqua inquinate, costi maggiori di pulizia e manutenzione per via dell'aria inquinata, maggiori costi energetici a causa dell'effetto "isola termica" sovrastante la città» in estate, e l'impossibilità per la luce solare di penetrare in inverno nei quartieri densamente edificati, maggiori costi per la sicurezza o perdite economiche dovute

agli atti criminosi, maggiori costi di formazione dei neo-assunti al lavoro per la cattiva qualità delle scuole».¹⁰⁵

L'espansione delle aree urbane significa flussi energetici in crescita e aumento del disordine. Generandosi disordine sotto vari aspetti, si gonfia la burocrazia cittadina nel tentativo di porre un poco d'ordine nel caos dilagante» ciononostante in tutte le maggiori città ci si è resi conto che non c'è mezzo per fornire i servizi di prima necessità, energia, fognature, scuole, autostrade, polizia, case popolari e così via, nella misura in cui servirebbero. Esiste una ricerca che mostra un raddoppio annuale della domanda di servizi nell'ambito di una grande città. A New York il numero di impiegati comunali è aumentato del 300% in dieci anni con una popolazione cittadina che nel contempo era in declino.¹⁰⁶

È ovvio che parte dell'energia immessa nella città può anche uscirne in forma di rifiuti. Il problema dei rifiuti in tutte le grandi aree metropolitane è ormai una reale emergenza. Nell'area di Washington D.C. vengono raccolte e compattate 4000 tonnellate di rifiuti ogni ventiquattro ore, se questa massa giornaliera venisse accumulata nei viali cittadini farebbe un mucchio alto più o meno la metà del monumento a Washington. Dove vanno a finire tutte queste immondizie? Nel distretto di Columbia l'area metropolitana ha cinque grandi discariche dove si eliminano i rifiuti, tutte quante però cominciano a traboccare. Naturalmente si potrebbero attrezzare nuove discariche, ma si tratta di un'area così fittamente popolata che inevitabilmente le nuove discariche verrebbero a trovarsi vicino ad abitazioni dove vivono migliaia di persone. Posto che tutti vorrebbero che le loro immondizie venissero raccolte e smaltite lontano e nessuno vorrebbe una discarica di rifiuti vicino a casa, le autorità hanno soltanto due alternative. La prima, bruciare i rifiuti, significherebbe aria più inquinata e maggiore inquinamento in genere, la seconda,, chiuderli in carri ferroviari e spedirli in zone meno popolate, sarebbe un procedimento costoso, che consumerebbe notevoli

quantitativi di energia con relativo aumento delle imposte municipali.¹⁰⁷

Tenere alto il flusso energetico e assorbire gli elementi di disordine, sempre in aumento, lungo le correnti di flusso in città, costa dunque denaro. L'Urban Institute ha dimostrato che ogni residente di una città di un milione di abitanti paga il triplo di tasse rispetto a chi risiede in una cittadina di 50.000 abitanti.¹⁰⁸ Il grosso di questo denaro va in tasse scolastiche, polizia e servizi sanitari, eppure le statistiche mostrano che gli abitanti delle aree urbane subiscono maggiore criminalità e si trovano ad avere scuole e servizi sanitari peggiori di quelli delle piccole cittadine o delle zone di campagna. L'entropia degli agglomerati urbani continua ad accumularsi per via dell'aumento degli apporti di energia e così i problemi cittadini si avviano a diventare insolubili in termini convenzionali. L'economista Leopold Kohr osservava che: «I problemi sociali hanno la disgraziata tendenza a crescere in proporzione geometrica rispetto alla crescita dell'organismo a cui appartengono, mentre le capacità umane di affrontarli, sia pure comprendendo tutti quanti, crescono solo in proporzione aritmetica».¹⁰⁹

Può succedere che una città spenda più delle sue disponibilità e raggiunga il punto in cui deve spendere se stessa fino alla bancarotta. Secondo il Center on Environmental Quality (Centro per la qualità ambientale), «nelle città più disastrose, le spese aumentano molto più in fretta di quanto non aumenti il valore delle proprietà, che è la base di calcolo per le imposte in quasi tutti i comuni». In una città con più di un milione di abitanti, i contributi ammontano in media a 426,9 dollari a testa ma il debito medio a cui la municipalità va incontro, dopo aver pagato tutti i servizi, è di 1052 dollari per residente.¹¹⁰

Anche i tentativi che l'amministrazione cittadina mette in atto per sopravvivere in realtà accelerano il declino economico perché l'aumento delle tasse induce i residenti delle classi

medie, se in buona salute, a lasciare la città e così fanno anche le aziende. Perdere le persone sane e i ceti medi implica minori entrate fiscali per la burocrazia e minor possibilità di conservare i posti di lavoro, crescono la disoccupazione e la criminalità e la municipalità è costretta a spendere ancora di più per contenere il disordine, in un circolo vizioso che procede senza sosta.

Il collasso fiscale sfiorato da New York e da Cleveland negli anni Settanta è un chiaro segnale di quel che ci aspetta nei prossimi decenni per le nostre città troppo cresciute e degradate. La verità pura e semplice è che non possiamo più permetterci di mantenere questi ambienti urbanizzati, incredibili generatori di entropia.

La difesa

Una macchina militare pari alla nostra non si è mai vista al mondo. Negli Stati Uniti, nel 1987, per ogni dollaro speso dal governo 53 centesimi sono stati destinati alla guerra, passata, presente o futura.¹¹¹ Nel solo anno fiscale 1989, 300 miliardi di dollari erano stati messi in bilancio per la difesa nazionale. Nel 1988 le forze armate americane possedevano almeno 25.000 armi nucleari e comprendevano due milioni di soldati, 500 grandi unità navali, 8000 aerei e 871 basi militari in patria.¹¹² Ventimila fornitori in appalto lavorano per produrre decine di migliaia di differenti ordigni bellici e se si vanno a contare i lavoratori che hanno un contratto con il ministero della difesa risulta che cinque milioni di cittadini devono la loro sopravvivenza al Pentagono.¹¹³

Stando all'opinione pubblica americana, tutto questo è appena necessario. Dal giorno in cui le bombe giapponesi caddero su Pearl Harbor, gran parte di noi ha maturato la sensazione che l'aumento delle spese militari sia essenziale per la sicurezza nazionale. Inoltre, molti ricordano i tempi in cui Franklin Roosevelt ci fece uscire dalla depressione con i massicci investimenti militari, e per diversi decenni le spese per la difesa apparvero utili a tutta l'economia. In realtà, comunque cerchiamo di valutare le cose, appare sempre più chiaro che più si dedicano risorse ed energia alle spese militari, meno reale benessere e sicurezza ci ritroviamo. Come scriveva il noto analista della difesa Seymour Melman: «Lungi dal dipendere dalla produzione di armi per la nostra prosperità noi paralizziamo tutta la nazione prelevando la parte del leone delle nostre risorse per immetterle nel contesto militare».¹¹⁴

Tra tutte le istituzioni nazionali le forze armate USA sono quelle che consumano più energia. Oltre l'80% della spesa energetica federale va al Dipartimento della difesa,¹¹⁵ se poi si comprendono anche le ditte in appalto le forze armate usano il 6% di tutto il consumo energetico nazionale ponendosi così tra coloro che più contribuiscono alle emissioni di anidride carbonica e alla crisi globale dell'effetto serra.¹¹⁶ Inoltre è dai tempi della seconda guerra mondiale che la difesa è l'istituzione che più di ogni altra nel Paese ha utilizzato capitali e tecnologia: per alimentarne l'infrastruttura più di metà dei ricercatori e ingegneri della passata generazione hanno lavorato, direttamente o con contratti militari, per il Dipartimento della difesa.

L'energia sottratta alla società dalle forze armate causa veri e propri terremoti sociali e il bilancio appare più che mai evidente se si guardano le statistiche mensili sulla disoccupazione. Una favola comunemente accettata è che gli investimenti militari creino posti di lavoro, ma in realtà una ricerca condotta dal Michigan Public Interest Research Group (Gruppo di ricerche di interesse pubblico del Michigan) ha portato alla conclusione che a ogni miliardo di dollari aggiunto al bilancio militare corrisponde una perdita di 11600 posti di lavoro in tutta la nazione, e ha anche mostrato che in ciascuno dei 26 Stati che comprendono il 60% della popolazione nazionale, a ogni incremento delle spese militari ha corrisposto un incremento della disoccupazione.¹¹⁷ La International Association of Machinists (il sindacato internazionale dei metalmeccanici), in una sua relazione interna, ha dimostrato che: «Un programma di spesa nel bilancio del Pentagono di 124 miliardi di dollari costa agli operai metalmeccanici più di 118.000 posti di lavoro civili. Se si sottraggono gli 88.000 posti di pari livello generati dalla spesa militare rimane una perdita netta di 30.000 posti di lavoro in un anno». Un altro rapporto presentato da Marion Anderson mostra che la crescita militare dal 1981 al 1985 è costata il posto di lavoro a 1.146.000 americani.¹¹⁸

Può sembrare paradossale che investire denaro in produzioni di interesse militare possa produrre disoccupazione, ma il quesito è presto risolto se guardiamo alla natura dei posti di lavoro creati. I lavori generati dagli investimenti militari sono tutti ad alto impiego di capitale e forte intensità energetica, il lavoro umano rappresenta un ingrediente ben piccolo nella somma di fattori che portano a produrre le armi. Per esempio, il governo aveva riconosciuto al gruppo Lockheed un contratto ventennale per un miliardo di dollari all'anno e l'azienda avrebbe dovuto lavorare per mettere a punto l'arma più costosa e micidiale mai vista al mondo, il sommergibile Trident. Lockheed destinò al progetto almeno 16.000 persone. Si consideri ora che con un miliardo di dollari si sarebbero potuti creare 20.000 posti a maggiore intensità di lavoro e minore consumo energetico, per esempio nella costruzione di collettori solari.¹¹⁹

Le spese militari sono anche uno dei maggiori¹ fattori di inflazione. Come riporta il «New York Times»: «Virtualmente ogni economista ammette che le spese militari tendono a generare inflazione perché mettono denaro in mano ai lavoratori senza ampliare il mercato con beni che potrebbero acquistare - essendo piuttosto limitata la vendita al dettaglio di missili e cose del genere - e pertanto trascinano verso l'alto i prezzi di altri beni quali automobili, frigoriferi e attrezzature meccaniche».¹²⁰ Le produzioni belliche procurano inflazione per una ragione ancora più importante. Sappiamo dal primo principio della termodinamica che la quantità totale di materia ed energia è costante: poiché il settore bellico consuma il 6% del totale dei consumi energetici nazionali e inoltre massicci quantitativi di minerali non rinnovabili, l'aumento di entropia rappresentato dalle installazioni militari, nel senso che quell'energia non è più disponibile a produrre altro lavoro utile, causa un restringimento delle scorte disponibili, che a sua volta infiamma l'inflazione.

La risposta più ovvia a tutte queste considerazioni è che, per quanto gli investimenti militari ad alta intensità energetica siano generatori di disturbo sociale per via della disoccupazione, dell'inflazione e dell'esaurimento delle risorse, almeno ci garantiranno un sistema di sicurezza nazionale senza eguali nella storia. Misurando la sicurezza in numeri, siamo certamente la nazione più sicura della Terra, se traducessimo la potenza dell'arsenale nucleare mondiale in tonnellate di tritolo, a ciascuno degli abitanti di questo mondo, uomo, donna o bambino, per un totale di circa cinque miliardi, corrisponderebbero quattro tonnellate di esplosivo. Alcune delle nostre bombe all'idrogeno, valutate in megaton, supererebbero (ognuna di esse) la quantità totale di potere esplosivo di tutte le bombe cadute in tutto il mondo durante la seconda guerra mondiale. Con il nostro magazzino atomico potremmo spazzare via cinquanta volte tutte le maggiori città dell'Unione Sovietica, eppure produciamo ancora due bombe atomiche al giorno da aggiungere alle nostre scorte.¹²¹2

Ogni dollaro speso per la difesa nazionale aumenta la tensione mondiale: ogni volta che gli Stati Uniti sviluppano una nuova arma, i sovietici si sentono minacciati e ne preparano un'altra come contromisura, questo ci obbliga a rispondere, e così via. Alla fine degli anni Ottanta spendevamo per la difesa tre volte tanto, in dollari reali, di quello che spendevamo nel 1948,¹²² ma chi potrebbe sostenere che oggi siamo tre volte più sicuri quando sappiamo che a venti minuti dall'inizio di un conflitto nucleare totale già 160 milioni di americani potrebbero essere morti?

Avere apparati bellici sempre più sofisticati significa avere zone di elevata concentrazione energetica. Se la storia degli armamenti ci può insegnare qualcosa, questa è la semplice verità: più si intensifica il flusso energetico e più gli armamenti

2 Il confronto con l'Unione Sovietica era ancora attuale al momento della pubblicazione originale, nel 1989 [N.d.T.].

diventano micidiali e sfuggono a un controllo responsabile. In certi anni l'Unione Sovietica e gli Stati Uniti hanno speso un totale complessivo di venti miliardi di dollari all'anno per sviluppare nuove armi da guerra, solo negli Stati Uniti si stanno sperimentando ventimila nuove idee per lo sviluppo delle armi del futuro.¹²³

Gli armamenti americani diventano sempre più complessi, ad alta intensità energetica e più costosi, e nel contempo risentono di seri problemi operativi. I costi aggiuntivi diventano enormi e generalizzati: il sommergibile Trident già oggi ha un costo di 400 miliardi di dollari sopra il previsto. Vi sono sistemi che, semplicemente, non funzionano: il dipartimento della Difesa ha ammesso che il 75% di tutti i missili Polaris Al (un'arma ben nota durante gli anni Sessanta) non avrebbero funzionato se fossero stati lanciati. Inspiegabili incidenti, capitati ad aerei tra i più avanzati sul piano tecnologico, sono diventati una regola.¹²⁴

In questa corsa militare a incorporare sempre maggiori quantità di energia negli strumenti di distruzione, gli armamenti arrivano a gradi di complessità che sfiorano l'assurdo. Un progetto militare che gode di molto favore presso i palazzi del Congresso è il sistema missilistico MX, basato sull'idea che duecento missili potrebbero essere nascosti all'occhio del «nemico» spostando le testate attraverso percorsi sotterranei tra venticinque diversi rifugi. In teoria l'Unione Sovietica non potrebbe mai conoscere dove si trova ciascun singolo missile e dovrebbe lanciare cinquemila testate per avere la sicurezza di averli distratti tutti. Per la costruzione delle ferrovie sotterranee e dei rifugi necessari a tutta la struttura, l'Aeronautica militare dovrebbe acquisire 1,5 milioni di ettari di terra a ovest del Mississippi, un territorio vasto quattro volte il Connecticut, giusto per ospitare duecento missili!¹²⁵

Secondo il governatore del Kansas, uno degli stati dove il Pentagono vorrebbe costruire un tunnel MX, i lavori rovinerebbero 75.000 ettari di coltivazioni di prima qualità e di

pascoli nel Kansas occidentale. Nello stesso stato 40.000 abitanti verrebbero cacciati da un'area di 17.000 chilometri quadrati dove le attuali destinazioni del suolo, agricoltura, turismo» pascolo e abitativo verrebbero sospese per venti o trent'anni, e, soprattutto, le squadre dei cantieri e le loro famiglie apportionerebbero 81.000 persone in più nel Kansas occidentale facendo levitare i costi dei servizi pubblici di 37,5 milioni di dollari. Inoltre, si chiede il governatore, come si trasporteranno i missili ai loro ricoveri sotterranei? Ciascun missile pesa circa 450 tonnellate, è lungo 50 metri e largo sette. Il costo totale di questo progetto Rube-Goldberg è di 30-40 miliardi di dollari.¹²⁶

Il progetto MX è solo una piccola parte del programma di armamenti. Le guerre della prossima generazione, come nelle creazioni della fantascienza, verranno combattute da missili che leggono le mappe e si orientano da soli e da satelliti killer e raggi letali di particelle provenienti dallo spazio. Entro gli anni Novanta gli Stati Uniti sperano di avere un laser di potenza, pienamente operante, in grado di fondere i carri armati e di focalizzare il raggio e mettere fuori uso satelliti in orbita a migliaia di chilometri dal suolo.

Nonostante tutto, per quanto grande sia la nostra capacità distruttiva, mai nel passato la supremazia militare di un Paese è stata in equilibrio così precario. I soldati dell'antichità camminavano con l'aiuto del loro stomaco, nel senso che il cibo era la loro prima fonte di energia, i militari di oggi viaggiano con l'aiuto del petrolio, e il petrolio è una risorsa in via di esaurimento. Il costo energetico totale del dipartimento della Difesa superava i quattro miliardi di dollari nel 1978, più del doppio dei costi 1973. L'aumento dei costi dell'energia «ha già costretto il dipartimento della Difesa a una prontezza di intervento minore di quella che avremmo altrimenti voluto», questo secondo la portavoce del Pentagono Ruth Davis nella sua relazione davanti al Congresso. Per quanto il dipartimento sia riuscito a realizzare un risparmio del 30% nell'impiego di

energia dal 1973, si tratta di risparmi ottenuti riducendo il personale e l'operatività. Continua la Davis: «Ogni ulteriore risparmio energetico ottenuto con tagli di questo genere avrà serie conseguenze sulla nostra possibilità di mantenere un livello accettabile di forze di pronto intervento». L'embargo petrolifero del 1973 e la rivoluzione in Iran nel 1979 «fornirono rinnovata conferma della nostra sensibilità a possibili pressioni politiche, economiche o militari, pressioni che potrebbero essere applicate da coloro che riescono a controllare direttamente o comunque a influenzare i flussi petroliferi verso gli USA e i loro alleati».

Anche se ci rendiamo ben conto del fatto che l'energia necessaria alle nostre operazioni militari deriva da fonti che si trovano all'estero, il nostro apparato bellico è diventato così specializzato che ben poco può essere fatto per fornirlo di fonti alternative di energia. Il 90% del petrolio impiegato dal dipartimento della Difesa è usato come «combustibile per la movimentazione» negli aerei, nei sistemi missilistici e nelle navi. «Il dipartimento continua a progettare e costruire armamenti considerando implicitamente che potranno essere alimentati con prodotti petroliferi», dice la Davis, e aggiunge: «finché non saremo in pieno Ventunesimo secolo» la forze armate dovranno ancora dipendere dagli idrocarburi liquidi come carburanti.

Per compensare la sempre minore disponibilità di carburanti, le forze armate devono arrampicarsi sui vetri per sviluppare nuove fonti. In passato era facile inviare truppe nei campi petroliferi del Medio Oriente, e recentemente il Pentagono ha riesumato un'idea del genere, giusto per saggiare le reazioni del pubblico, ma appariva chiaro che spedizioni di questo tipo avrebbero potuto portare a una guerra nucleare e così i militari si sono trovati costretti a cercare in casa. Il presidente ha garantito che le forze armate continueranno a ricevere il 100% del carburante necessario, ma questo avrà chiaramente l'effetto di

distogliere ulteriormente l'energia da altre esigenze socioeconomiche. Per mantenere il necessario flusso energetico il Pentagono ha addirittura spinto per la messa a punto di un piano d'azione per i carburanti destinati ai vettori per la difesa - *Defense Mobility Fuels Action Plan* - che darebbe alle forze armate un controllo senza precedenti sulle politiche energetiche nazionali. Data per scontata la disponibilità di petrolio in declino, ogni tentativo del Pentagono per mantenere costante il suo flusso energetico andrà di sicuro a rovinare ulteriormente qualche altro settore della società.¹²⁷

Le strutture difensive che diventano sempre più complesse e la nostra presenza militare che continua ad aumentare in tutto il mondo, richiedono sempre più energia soltanto per mantenere la burocrazia militare anch'essa in crescita. Secondo Earl Ravenal, che fu a suo tempo un analista del dipartimento della Difesa, meno del 30% dell'intero bilancio della difesa va a coprire direttamente l'effettiva difesa del territorio e dei suoi interessi vitali.¹²⁸ Il resto viene usato nello sforzo che fa il nostro Paese per mantenere la presenza militare nel mondo. In un recente bilancio, 35 miliardi di dollari erano stati spesi per costruire nuove armi e i rimanenti 100 miliardi erano stati usati sostanzialmente per spese di personale e manutenzione.¹²⁹

Le spese militari rappresentano un tragedia di proporzioni monumentali. Finché le forze armate lotteranno per mantenere se stesse e i loro flussi energetici, continueranno a sottrarre energia alle correnti destinate alla società, esasperando altre problematiche energetiche come quelle legate alla povertà e alla fame, In tutto il mondo le nazioni stanno spendendo 400 miliardi di dollari all'anno in armamenti, circa un milione di dollari al minuto,¹³⁰ Le guerre e la preparazione di guerre consumano circa il 10% della produzione mondiale di beni e servizi,¹³¹ equivalente all'intero prodotto nazionale lordo di metà della popolazione di tutto il mondo. Considerando gli 800 milioni di persone che sopravvivono a malapena con un red-

dito di 200 dollari all'anno, o anche meno, e i 20 milioni che ogni anno muoiono di fame, le spese militari ad alta intensità energetica diventano una vergogna. Se soltanto il 2% del bilancio militare mondiale di un solo anno fosse ridestinato, si potrebbe dare una stufa per cucinare a tutte le famiglie delle campagne del Terzo Mondo.¹³² Tornando agli Stati Uniti, il costo di una sola portaerei, 1,6 miliardi di dollari, è almeno il doppio del bilancio di tutti i programmi di sicurezza e igiene del lavoro e il costo di un singolo aeroplano da combattimento Corsair A-7E equivale a due volte il bilancio 1977 dell'EPA per i programmi di sicurezza dell'acqua potabile.¹³³

Infine si consideri che le guerre e la loro preparazione sono le forme più intensamente entropiche di attività umana: vi sono solo due cose che si possono fare con un missile, usarlo per distruggere o tenerlo fino a che diventa superato e smantellarlo. In ogni caso, dato che le risorse del pianeta, anche quelle che vanno produrre armi, non sono infinite, «Stiamo oggi rosicchiando gli aratri delle generazioni future per le spade e le testate nucleari dei nostri giorni».¹³⁴

L'istruzione

Molti di noi hanno fatto la deprimente esperienza di doversi imbottire di nozioni per un esame. La «sindrome dell'evidenziatore» è un fenomeno accademico riconosciuto che consiste in questo: la notte precedente alla prova lo studente prende un evidenziatore giallo e si dà da fare a sottolineare lunghe porzioni del libro di testo nella speranza di memorizzare enormi blocchi di dati e tenerli a mente giusto il tempo di rigurgitarli sul foglio d'esame, la mattina seguente in classe. Entro ventiquattrore dalla prova è molto probabile che poco o nulla di quei dati venga ricordato e comunque quello che si ricorda è un pesante ingombro che resta lì per alcuni giorni. Gli studenti si tengono «su» per l'esame e dopo «crollano». Questo è il quadro tipico che si verifica nel sistema scolastico americano.

Il modo con cui lo studente si prepara per il suo esame non è molto diverso dal modo con cui si fa crescere una spiga di grano in una fattoria dell'Iowa. In entrambi i casi una pesante spesa energetica produce una modesta diminuzione di entropia rappresentata dal prodotto, a spese di un aumento di entropia, maggiore, nell'ambiente. Nel caso dello studente il prodotto è la quantità di conoscenze che riesce a ricordare. Per il grano l'aumento dell'entropia dell'ambiente, nel suo insieme, si dice inquinamento ambientale. Oggi gli psicologi parlano dell'energia dissipata e accumulata nell'ambiente dello studente come di inquinamento da informazione che può manifestarsi in cento modi diversi, dalle piccole nevrosi all'esaurimento nervoso.

Per tutto ciò che facciamo dobbiamo spendere energia, anche per il processo di apprendimento, e la legge dell'entropia è sempre al lavoro, quando raccogliamo informazioni come in ogni altra occasione impegnativa. Quando impariamo qualcosa, di solito pensiamo di aggiungere valore e ordine al mondo in cui viviamo e per molto tempo gli insegnanti sono stati convinti che almeno il processo di apprendimento fosse un'attività che derogava dal secondo principio della termodinamica, perché creava soltanto maggiore ordine e quindi entropia negativa. Sono concetti non più validi a partire dalla fine della seconda guerra mondiale: con l'introduzione della cibernetica e della moderna teoria dell'informazione, i ricercatori sono arrivati a capire quanta energia richieda il mettere ordine nelle informazioni e l'immagazzinare conoscenze e quindi quale contropartita si debba pagare in termini di entropia.

Una settantina di anni fa, Henry Adams scrisse un saggio nel quale faceva capire che la mente umana nell'immagazzinare e riordinare le informazioni era soggetta anch'essa ai processi entropici. Nel suo saggio, intitolato *A Letter to American Teachers of History* (Lettera agli insegnanti di storia americani, ndr), inviato alla American History Association,¹³⁵ tentava di suggerire come lo sviluppo del pensiero umano attraverso le epoche storiche avesse seguito un cammino analogo a quello delle altre attività di questo mondo, fosse cioè passato attraverso successive situazioni di complessità sempre maggiore e di sempre maggiore dissipazione. Il saggio provocò un certo subbuglio negli ambienti accademici del tempo» perché Adams aveva commesso un'ultima eresia: come un ladro nella notte si era aperto una via nell'intimo del tempio della civiltà e aveva gettato sfacciatamente il secondo principio della termodinamica sull'altare più sacro, quello eretto in onore della parte spirituale della mente umana. Nei decenni trascorsi da quando Adams mise sulla carta i suoi pensieri» il suo saggio è

stato più e più volte riscoperto dagli studiosi e fatto oggetto di intenso dibattito e discussione.

Se Adams dev'essere accusato di eresia, allora dovrebbero esserlo anche gli antichi greci che credevano al racconto del vaso di Pandora e anche gli ebrei e i cristiani che prestano fede alla storia di Adamo ed Eva nel giardino dell'Eden. In entrambe le storie è contenuto un messaggio: l'originaria perfezione del mondo è stata incrinata dall'introduzione della conoscenza. Quando Pandora sollevò il coperchio del vaso, sprigionando i segreti della vita, e quando Eva mangiò la mela dell'albero della conoscenza, ebbe inizio un lungo e tortuoso cammino in cui l'accumulo di sapere e l'uso che se ne fece hanno portato il mondo a un grado di disordine e di complessità sempre crescenti.

Adams osservava il progredire del pensiero umano» dall'istinto alle verità intuitive, alla ragione e poi via via fino alle astrazioni del pensiero matematico» e concludeva che ogni successiva costruzione mentale mostrava un sempre maggior grado di ordine, un flusso energetico maggiore e) di conseguenza, una dissipazione sempre più consistente di energia, nel processo. Paragonando per esempio le risposte istintive dell'uomo primitivo alle sollecitazioni dell'ambiente, con le risposte astratte e razionali che l'uomo moderno dà al suo ambiente, appare ovvio, notava Adams, che nel primo caso si mettevano in gioco molti meno passaggi e quindi molta meno energia andava dissipata.

Guardando la nostra vita abbiamo la netta sensazione che l'osservazione di Adams corrisponda effettivamente a verità. Per esempio, si sente spesso la gente dire che una reazione istintiva a una determinata situazione può essere più valida di una decisione ragionata, oppure che su certi argomenti è meglio credere al tuo istinto che al tuo intelletto. Se chiediamo il perché, la risposta che ci viene data di solito è che l'intuizione o l'istinto sono generalmente meglio sintonizzati con la realtà in atto. Questo è vero e ha molto a che fare con il secondo

principio della termodinamica. Come dicevamo: più passaggi entrano nel processo razionale, maggiore è la complessità, il grado di astrazione e di concentrazione e, di conseguenza, maggiore è la dissipazione di energie e il disordine che ne deriva. Tutta la storia dello sviluppo della razionalità umana è stata una storia in cui la mente delle persone si è allontanata sempre di più dalla realtà del mondo in cui vivevano.

Appare altresì evidente che le nostre attività mentali sono diventate più complesse e astratte con il modificarsi del nostro ambiente energetico, che diventava sempre più duro ed esigente. Tutto sommato, un ambiente per cacciatori-raccoglitori richiedeva poco più dell'istinto allo stato grezzo per poter sopravvivere, già un ambiente agricolo richiede più ragionamento e più capacità di astrazione per amministrarsi, l'ambiente industriale ne richiede ancora di più.

Uno degli scopi principali dell'attività razionale è di aiutare gli esseri umani a sopravvivere. Le persone sopravvivono se riescono a localizzare ed elaborare l'energia disponibile e ogni volta che il nostro ambiente energetico è diventato un po' più difficile da sfruttare, abbiamo dovuto fare ricorso a un arsenale di strumenti intellettuali un po' più complesso per riordinare, e quindi facilitare, la nostra ricerca e attività di rielaborazione.

Resta comunque vero che durante lo sviluppo della mente, dalle forme più istintive di risposta, lungo tutto il cammino fino alle forme più astratte di ragionamento matematico, l'umanità ha generato un disordine sempre crescente nel mondo circostante. I cacciatori-raccoglitori procurarono al mondo molti meno danni di quello che facciamo noi, uomini e donne moderni, con la nostra grande capacità di ragionamento e di astrazione.

Il periodo «colonizzante» della storia umana è stato caratterizzato dal frenetico depauperamento di un ambiente energetico dopo l'altro, spargendo ondate e ondate di disordine sulla Terra e ciononostante la nostra mente continua ancora a raccogliere, selezionare, conservare e sfruttare la maggior

quantità possibile di informazioni, per poter convertire all'interno del sistema quantità sempre più grandi di energia disponibile.

Al giorno d'oggi siamo bombardati dalle informazioni. La pubblicità, i mass media e la scuola ci caricano ogni giorno di centinaia e centinaia di messaggi. Da quando ci svegliamo al mattino fino a quando cadiamo addormentati la notte, veniamo letteralmente assaliti a colpi di informazione. L'industria della pubblicità ha speso, da sola, 47 miliardi di dollari in un solo anno per «istruire» il consumatore.¹³⁶ L'americano medio subisce un flusso di informazioni a senso unico provenienti dalla televisione per cinque ore al giorno.¹³⁷ Gli storici dell'economia come Daniel Bell affermano che la nostra economia è in fase di transizione dalla modalità industriale a quella postindustriale, in cui i sistemi di comunicazione e di informazione domineranno l'attività economica del Paese.

Questa imponente crescita dell'informazione si traduce in un'altrettanto imponente spesa energetica, in un accumulo di disordine, in processi di accentramento e specializzazione, per non citare tutti gli altri aspetti che caratterizzano l'accelerarsi di un processo entropico. Già ora le organizzazioni, sia private sia pubbliche, che si occupano di informazione e comunicazione stanno diventando dei giganteschi feudi burocratici con un potere enorme sulla vita di ogni americano. Raccogliere, scambiare e scartare informazioni è un'attività che prolifera con velocità senza eguali. Anche il flusso energetico sempre più intenso della cosiddetta rivoluzione informatica sta già creando pesanti elementi di disordine lungo tutte le linee di flusso esistenti all'interno della società, e richiede che crescenti quantità di energia siano ridestinate verso canali sempre più costosi per gestire le organizzazioni e gli apparati di informazione e comunicazione.

L'attuale «rivoluzione» del microchip e del computer è uno dei casi in questione. I suoi sostenitori amano evidenziare che negli ultimi quarant'anni i prezzi dei computer sono

enormemente diminuiti, così come le dimensioni, la quantità di materiali per costruirli e l'energia per farli funzionare. Nello stesso tempo i computer, divenuti più piccoli, meno cari ed economici nel consumo, possono immagazzinare una maggiore quantità di informazioni e possiedono una velocità di elaborazione cresciuta in maniera esponenziale.

Tramite questi dati è facile capire perché gli avvocati dell'informatica sostengono che il computer è perlomeno un caso che dimostra che si può -fare sempre di più con sempre di meno. L'argomento dovrebbe dimostrarsi da solo, dicono, dopo tutto è vicino il giorno in cui tutti i trentadue volumi dell'*Encyclopaedia Britannica* staranno su un singolo chip del costo di poche lire e si prevede che un giorno o l'altro tutte le conoscenze dell'intera umanità saranno virtualmente alla portata delle nostre dita, senza che sia necessario uscire di casa per poterle visualizzare. Così avviene che il computer usi meno energia dei metodi tradizionali per archiviare le informazioni, le renda disponibili più velocemente e apra l'accesso a chiunque possa pagare il prezzo, alquanto convenzionale, per comprarlo. A prima vista il ragionamento sembra abbastanza convincente, ma, nonostante questi argomenti effettivamente notevoli, la rivoluzione informatica, in toto, ha prodotto nel mondo un fortissimo aumento dell'entropia globale. Ogni risparmio di energia e di risorse messo in atto dai singoli computer è stato più che compensato dall'impatto entropico generale, portato dall'informatizzazione.

Prima di tutto è importante capire che per quanto, mediamente, oggi un singolo computer consumi meno risorse ed energia dei prototipi di cinquant'anni fa, questa realtà ha portato a una loro inimmaginabile proliferazione che, dato il numero, ha consumato una massa considerevole di risorse in tutto il mondo. Nel 1950, pochi anni dopo la nascita dei primi moderni computer, ne erano stati costruiti soltanto sessanta, nel 1959 ne erano in funzione seimila, nel 1966 più di quindicimila e nel 1970 oltre ottantamila, impegnati in oltre

tremila diversi tipi di applicazione. Negli anni Novanta si può valutare che il 50% dei lavoratori statunitensi usi un terminale elettronico e che circa 38 milioni di centri di calcolo con terminali siano in funzione negli uffici» nelle fabbriche e nelle scuole. Tra il 1990 e il 2000 sono circa 34 milioni le famiglie in possesso di un computer a casa, mentre per quanto riguarda i pc portatili ne sono entrati in funzione 7 milioni. Il computer sta diventando un genere di prima necessità che trova applicazione in ogni angolo e risvolto della vita moderna.¹³⁸ Ebbene» tutta questa tecnologia usa risorse non rinnovabili.

In secondo luogo» ricordiamoci che il computer è fatto per raccogliere, conservare e distribuire informazione; un computer si riferisce a fatti reali ma questi fatti acquistano importanza in termini di flusso entropico quando vengono usati dai convertitori tecnologici della società per raccogliere, scambiare ed eliminare energia. Il computer si può considerare analogo agli organi di senso di un animale il cui cervello usa occhi, orecchie e naso per vedere» sentire, fiutare e raccogliere le informazioni. Nessun animale potrebbe sopravvivere senza i dati sensoriali» che una volta raccolti sono usati da altri convertitori del suo corpo» zampe, artigli» denti e mandibole» per catturare e consumare l'energia disponibile dall'ambiente circostante. Più l'apparato sensorio è sofisticato, più un animale è attrezzato per avere le informazioni necessarie a localizzare e convertire l'energia disponibile.

Così, anche nella società informatizzata, più in fretta si generano le informazioni più i dati vengono utilizzati degli appositi organi della società per raccogliere e convertire l'energia disponibile. Il flusso energetico più intenso, a sua volta» crea maggior disordine, esaurisce più velocemente le fonti energetiche e crea una maggiore concentrazione e un maggiore accentramento delle istituzioni economiche, sociali e politiche. Il vero scopo del computer è quindi quello di fornire più dati e più rapidamente per favorire una più veloce conversione dell'energia all'interno del sistema.

È da notare inoltre che se i computer proliferano in ogni immaginabile attività sociale, la società diventa necessariamente dipendente dal loro funzionamento per la propria sopravvivenza. La società informatica sta diventando sempre più complessa e con la complessità diventano realistiche le possibilità di collasso. Il malfunzionamento di un singolo computer in una grande centrale elettrica, per esempio, può bloccare una serie di interruttori e mettere fuori servizio per giorni l'impianto. Chiunque sia passato dallo sportello di una compagnia aerea in un grande aeroporto quando il computer è «fuori servizio», avrà provato il senso di frustrazione, fino alla perdita di ogni speranza, che deriva dal guasto. Se tutto il sistema dipende da un computer per poter funzionare, ecco che l'essere umano diventa ostaggio della tecnologia.

Sembra abbastanza strano, ma quante più informazioni abbiamo a disposizione, tanto meno, apparentemente, siamo bene informati, di conseguenza diventa più difficile decidere e il mondo ci appare più confuso che mai. Gli psicologi definiscono questo stato di cose «sovraccarico di informazione», una diagnosi precisa dietro alla quale si nasconde la legge dell'entropia. Quante più informazioni ci vengono trasmesse, tanto meno riusciamo ad assorbire, ricordare e utilizzare, il resto è energia dissipata o rifiuto. La creazione di questa energia dissipata è precisamente quello che abbiamo chiamato inquinamento sociale, che si manifesta nell'aumentata incidenza di disturbi psichici di ogni genere, proprio come l'inquinamento ambientale minaccia la nostra salute fisica.

L'andamento in netta crescita delle malattie mentali in questo Paese è andato di pari passo con la rivoluzione informatica. Questo non vuol dire che le malattie mentali siano dovute solamente a un sovraccarico di informazione, altri fattori possono infatti avervi contribuito, tra cui alcune malattie ereditarie, il sovraffollamento urbano, i continui trasferimenti e

migrazioni di popolazioni e lo stress da lavoro. In meno di vent'anni il concetto di «salute psichica» negli Stati Uniti è uscito dal chiuso delle aule universitarie per diventare un'industria da 15 miliardi di dollari e forse 40 milioni di americani, cioè uno su cinque, sono oggi in terapia per qualche disturbo psichico.¹³⁹ Mentre la diffusione delle patologie psichiche sta raggiungendo livelli che alcune autorità sanitarie considerano da epidemia, una martellante pubblicità è in atto per offrire possibili trattamenti. Vi sono più lavoratori addetti ai problemi della salute mentale che agenti di polizia, e tutti fanno parte di un complicato sistema in espansione che include:

qualcosa come 1100 cliniche psichiatriche private con servizi ambulatoriali, 300 ospedali generali con servizi ambulatoriali di psichiatria, 80 ospedali militari con ambulatori di psichiatria, 500 comunità psicoterapeutiche governative, decine di migliaia di case di assistenza, pensionati con assistenza e istituzioni intermedie, cliniche del comportamento, cliniche per la prevenzione delle violenze sui bambini, dell'alcolismo, del suicidio.¹⁴⁰

A metà degli anni Settanta» Leopold Bellah, professore di psichiatria alla New York University, paragonando la salute psichica con lo stato generale di salute della popolazione dimostrava che si sarebbe dovuto fare molto di più «per proteggere la comunità dalla contaminazione emozionale»,¹⁴¹ Ci sarebbe da eccepire sul linguaggio piuttosto grezzo del dottor Bellah, ma non vi è dubbio che il termine «contaminazione emozionale» descrive bene ciò che avviene quando ci si addentra sempre più a fondo nella società dell'informazione e della comunicazione.

Quotidianamente ciascuno di noi prova gli effetti del sovraccarico di informazioni, al lavoro» a scuola e a contatto con la comunità. Sempre più frequentemente ci troviamo nella situazione di chi non vuole sapere niente di più su un

argomento qualsiasi o sul mondo in genere, semplicemente perché non saprebbe cosa farsene. Il nostro cervello e sistema nervoso sono attrezzati per gestire un certo numero di informazioni per volta» quando ne pervengono troppe noi cerchiamo di filtrare eliminandone una parte, oppure le eliminiamo tutte girando l'interruttore. Quando le informazioni in arrivo ci assalgono colpendoci da ogni direzione insieme ad altri rumori di fondo di ogni genere» ci prende uno stato di estrema ansietà.

È naturale che le capacità di sopportazione siano diverse da persona a persona e che esistano soglie diverse di insostenibilità, è comunque evidente che per ciascuno esiste un limite al di là del quale il flusso di informazione in costante aumento e il conseguente degrado che si accumula porta a una crisi con gravi disturbi psichici.

Conforme al modello, la nostra società ha individuato tutto un arsenale di tecniche per trattare qualunque concepibile patologia dell'essere umano, senza però rendersi conto che qualsiasi immissione di nuove informazioni potrà bensì migliorare una certa situazione, ma a condizione di instaurarne un'altra che può rivelarsi anche peggiore. L'immagine che viene in mente a questo proposito è lo stereotipo del «cerca-terapie», una persona che salta da un programma terapeutico a un altro nel disperato tentativo di ritrovare la tranquillità psichica, la serenità e una vita ordinata. Quando però avrà esaurito l'intera gamma delle tecniche disponibili e la sua stessa agenda di indirizzi sarà terminata, si troverà così sovraccarico di informazioni frammentarie, ognuna delle quali con indicazioni spesso contraddittorie su come «correlarsi» con il mondo, che starà peggio rispetto a quando aveva cominciato.

L'effetto della rivoluzione informatica si è dimostrato più deleterio che mai sul nostro sistema scolastico. In quindici anni il costo dell'istruzione pubblica negli Stati Uniti è quadruplicato: nel 1988 il governo federale e i governi locali sono arrivati a spendere 270 miliardi di dollari per l'istruzione

di una quarantina di milioni di ragazzi in età scolare.¹⁴² Nello stesso periodo gli studenti hanno però mostrato un calo costante nell'apprendimento, e, secondo dati del 1979, oltre il 15 % di tutti i diciassettenni del Paese risultava praticamente illetterato.¹⁴³ Molti genitori e insegnanti si chiedono perché i ragazzi imparano meno, dal momento che le scuole sono attrezzate con sofisticati sussidi didattici di ogni genere e vi si trovano corpi insegnanti con esperienze universitarie di formazione e specializzazione. Una signora, intervistata per un'inchiesta televisiva della CBS sul sistema scolastico, così riassumeva l'apparente paradosso: lei che aveva frequentato una povera scuola in uno Stato del Sud con «alcuni banchi sfasciati, un vecchio libro, qualche matita colorata e qualche lavagna altrettanto sgangherata»,¹⁴⁴ restava perplessa davanti al fatto che aveva imparato a leggere e scrivere mentre i suoi figli e i loro amici sembravano non aver ancora imparato nonostante la scuola avesse «tutte le più moderne attrezzature». Ancora una volta la risposta si deve cercare nell'accelerarsi del processo entropico e nell'accumulo di disordine che ne consegue.

Dai tempi della seconda guerra mondiale, il sistema scolastico pubblico ha seguito il cammino di molte altre istituzioni della società americana, le scuole più piccole sono state assorbite all'interno di complessi didattici più grandi e accentrati. Strappare i bambini dal loro ambiente naturale e immetterli nella burocrazia e nelle specializzazioni che le istituzioni accentrate comportano è un errore che si comincia a pagare in termini di alienazione, mancanza di disciplina e altri tipi di disordine. Certamente i complessi scolastici integrati possono offrire le migliori e più sofisticate tecnologie dell'informazione e i programmi più adatti a favorire l'apprendimento, ma tutte queste cose messe insieme aumentano fortemente il flusso energetico interno creando problemi, problemi che vanno da una sempre più frequente non-attitudine a imparare, fino agli atti di vandalismo e di

violenza. Durante l'inchiesta della CBS un insegnante ebbe a dire:

Abbiamo un'ampia proliferazione di elementi di distrazione e diversione. Noi ci diamo da fare a portare a scuola materiale e a mettere tante cose in testa ai bambini e poi improvvisamente qualcuno arriva a rendersi conto della realtà: «Eeh, ma questo bambino non sa leggere». ¹⁴⁵

La «tecnicizzazione» dell'insegnamento è diventata così oppressiva, osservava un genitore dello stesso complesso scolastico, che sarebbe un sogno se i bambini imparassero almeno a leggere. Quel genitore parlava dopo aver visitato il «centro lettura» della scuola, impressionato da tutte le istruzioni appese alle pareti delle aule, su cosa si dovrebbe «esattamente» fare per leggere. Con un tale sovraccarico, notava, «semplicemente non vedo come i bambini possano arrivare al piacere della lettura e, se fossi un bambino, me lo avrebbero fatto passare del tutto». ¹⁴⁶

Le aule e i corridoi di questi giganteschi complessi scolastici americani traboccano di energia dissipata, gran parte della quale è generata dallo stesso sistema educativo. Non c'è da meravigliarsi se i bambini manifestano una difficoltà a mantenere viva l'attenzione per un certo arco di tempo e se mostrano un livello di ansietà che poi spesso porta a palese violenza, tanto che i gesti di vandalismo nelle scuole vengono a costare più di 600 milioni di dollari all'anno. ¹⁴⁷ Una parte delle colpe è naturalmente da attribuirsi a fattori esterni alla scuola e molte, ma non tutte, sono dovute al sovraccarico di informazione. La televisione è forse il colpevole numero uno: cinque o sei ore al giorno di continua informazione a senso unico sono certamente collegate al netto calo di attitudine del bambino nel concentrarsi e assimilare informazioni. Diceva un insegnante:

Penso che stiamo crescendo una generazione che concepisce la comunicazione in termini di messaggi da ricevere, discorsi da ascoltare, piuttosto che messaggi da trasmettere. Inoltre, per via di questa massa di sollecitazioni, quando un ragazzino arriva in classe e vede il maestro, penso che faccia odiosi paragoni. Non è certo eccitante come una bella immagine in dissolvenza. Imparare è un duro lavoro e non si può ottenere con delle immagini su uno schermo.¹⁴⁸

Via via che perdiamo la capacità di resistere al sovraccarico di informazione, i media, l'industria culturale e le scienze informatiche continuano a cercare di intensificare, comprimere e spingerci dentro ancora più frammenti di informazione, nella speranza che almeno una parte di essi sopravviva un tempo sufficiente a produrre un qualche valore sociale o economico. Mai che considerino che la fonte del sempre maggior disordine sono proprio questi convertitori che incanalano i massicci flussi energetici e aumentano l'entropia dell'ambiente nel processo. È una situazione che ricorda la storia di una prigione i cui guardiani, a cui era stato fatto notare che inasprire la situazione punitiva dei detenuti aveva l'effetto di renderli più asociali e aumentare gli atti di violenza, dopo attenta considerazione avevano concluso che l'adeguata risposta al problema era «punire l'aumentata violenza».

L'era industriale è stata caratterizzata da un flusso di materia ed energia che ha percorso tutto il sistema economico, crescendo in modo esponenziale. Abbiamo estratto materia ed energia, le abbiamo lavorate e poi, dopo averle sfruttate a fondo, le abbiamo eliminate, il tutto con velocità maggiore di quella con cui l'ecosistema terrestre fosse in grado di riciclare i rifiuti e ricostituire le riserve. L'accumulo di rifiuti inquinanti, sia come energia dissipata sia come materiali di scarto, organici e inorganici, stanno diventando una minaccia per l'abitabilità della Terra. Le statistiche fanno venire i brividi.

Le discariche sono al limite della capacità e dall'inizio degli anni Novanta più di metà delle città americane si trovava ad avere esaurito le capacità esistenti, generando una pesante crisi di smaltimento dei rifiuti.¹⁴⁹ In alcune città si caricano i rifiuti su navi che girano il mondo alla disperata ricerca di Paesi disposti ad accettarli. Con l'aumentare dei rifiuti e con i pochi siti di deposito rimasti, i costi di smaltimento continuano a crescere: a Minneapolis il costo di smaltimento di una tonnellata di rifiuti in discarica è passato da cinque a trenta dollari in sei anni, a Philadelphia il costo è salito da venti a novanta dollari per tonnellata da quando la città è stata costretta a inviare una parte dei rifiuti in Ohio e in Virginia per lo smaltimento. Le città grandi e piccole della California calcolano di arrivare a spendere globalmente più di un miliardo di dollari all'anno per smaltire immondizia.¹⁵⁰

Con le discariche che debordano, le amministrazioni comunali si stanno convertendo all'ipotesi dell'incenerimento, che però, a sua volta, inasprirà i momenti di crisi da inquinamento atmosferico in tutte le aree urbane del Paese.

Nel 1987, per la prima volta il Paese cominciò a rendersi conto dell'esistenza di una nuova categoria di rifiuti, ancora più insidiosa: i rifiuti infetti, contenenti microrganismi patogeni e costituiti da parti anatomiche di corpi umani e animali, bendaggi insanguinati, attrezzi chirurgici, campioni di tessuti, aghi usati e guanti da chirurgo. Oltre 700 tonnellate di rifiuti infetti vengono eliminate giornalmente dai 7000 ospedali americani, oltre che dai laboratori di ricerca, dalle cliniche private e dalle case di cura che ne producono ulteriori quantitativi.¹⁵¹

Rifiuti infetti vengono illegalmente seppelliti qua e là nel Paese e costituiscono un pericolo per la salute di milioni di persone. Non mancano in proposito, sono anzi numerosi, i racconti dell'orrore. Qualche anno fa alcuni investigatori scoprirono un magazzino abbandonato, alla periferia di New York, con cinque tonnellate di rifiuti medicali, compresi arti

amputati e aghi ipodermici, che si trovava a pochi metri da una scuola di danza per bambini.¹⁵² Nel giugno del 1987 alcuni bambini di Indianapolis furono scoperti mentre giocavano in una discarica con delle fiale di sangue infetto dal virus dell'AIDS. Nel luglio del 1988 alcuni proprietari di case di Manchester, New Hampshire, si trovarono il cortile invaso da rifiuti di sala operatoria che erano stati trascinati nelle loro proprietà dalla discarica del locale ospedale, in seguito a un violento acquazzone.¹⁵³

La National Solid Waste Management Association (Federazione delle aziende di trattamento rifiuti solidi) valuta che ogni anno vengono prodotte 500.000 tonnellate di rifiuti infetti,¹⁵⁴ valore destinato a crescere fortemente negli anni a venire, tanto da indurre le autorità locali e il governo nazionale ad adottare normative più severe che impediscano la diffusione di agenti patogeni.

L'inquinamento da fitofarmaci costituisce un'altra seria minaccia all'ambiente e alla sanità pubblica e, in questo caso come per i rifiuti infetti, siamo davanti a un accumulo di entropia che può influire sul pianeta per generazioni, nei secoli a venire.

Nel 1985 successe che 1350 persone si intossicarono mangiando angurie coltivate in California, dove erano state irrorate con l'insetticida Albicaib. In quell'occasione fu ordinata la distruzione di oltre un milione di angurie per proteggere la popolazione dai pericoli di un avvelenamento di massa.¹⁵⁵ Nel 1988 Cesar Chavez, il fondatore della United Farm Workers (il sindacato dei lavoratori agricoli), intraprese un lungo digiuno di protesta contro l'uso dei fitofarmaci sui vigneti, sostenendo che questi prodotti chimici costituivano una minaccia alla salute dei lavoratori. Esiste una indagine epidemiologica in cui è stato valutato che 313.000 lavoratori agricoli negli Stati Uniti potrebbero soffrire di patologie dovute all'esposizione a fitofarmaci.¹⁵⁶

Attualmente negli Stati Uniti risultano registrati e autorizzati all'impiego più di cinquantamila fitofarmaci basati su 700 diversi principi attivi. Soltanto il 10% del farmaco applicato arriva effettivamente alla pianta, il restante 90% si disperde nel suolo o nelle acque o viene portato via dal vento.¹⁵⁷

L'inquinamento da fitofarmaci di provenienza agricola sta minacciando le risorse idriche del Paese. Nel Kansas, dal 72 al 78% dei pozzi analizzati nel 1984 risultava contaminato da fitofarmaci, nell'Iowa il 55 % dei pozzi era contaminato e nel Nebraska il 70% aveva avuto infiltrazioni.¹⁵⁸

Secondo la U.S. Geological Survey's Pesticide Monitoring Network (Rete di controllo sulla presenza di fitofarmaci del Servizio geologico nazionale USA) un quarto di tutte le postazioni di controllo conteneva residui di atrazina» che è uno degli erbicidi più largamente impiegati. La presenza di Ddt, clordano e dieldrin fu riscontrata in un terzo di tutti i sedimenti analizzati nel corso 'di un'indagine a livello nazionale.¹⁵⁹

Ancora più inquietante appare il fatto che qualcosa come 496 dei principi attivi che fanno parte dei fitofarmaci impiegati negli Stati Uniti vengono comunemente ritrovati sui pomodori» le mele, l'uva, l'insalata» i fagioli e altre verdure nei negozi di alimentari. È del 1987 la pubblicazione di un monito dell'Accademia nazionale delle scienze in cui si dice che: «Il 90% di tutti i fungicidi, il 60% degli erbicidi e il 30% degli insetticidi può provocare il cancro».¹⁶⁰ Nonostante queste statistiche allarmanti, poco è stato fatto sul piano pratico dalle agenzie governative per limitare l'impiego generalizzato di fitofarmaci su milioni di ettari di terre coltivate in America.

La maggior parte dell'energia dissipata e dei materiali di rifiuto che transitano nel circuito economico mondiale si riversano poi alla fine nell'ecosistema» dove costituiscono una severa minaccia per l'ambiente e la salute delle popolazioni. Nelle epoche preindustriali ogni accumulo di entropia risultava così modesto da poter essere assorbito e riconvertito dagli

ecosistemi del pianeta, oggi invece il flusso entropico è tale da sommergere l'ambiente naturale e costringerlo a rigettare una parte dei rifiuti e ad accumularli fino a mettere realmente in pericolo la nostra sopravvivenza. Il problema è reso più complesso dal fatto che i governi nazionali non intraprendono azioni per limitare l'uso di determinati prodotti chimici o determinati metalli finché il danno non diventa catastrofico e irreversibile. Si vedano, per esempio, i casi del piombo e dell'amianto, '

Il piombo è il quinto metallo, in ordine di quantità, tra i più usati negli Stati Uniti, e questo nonostante sia un prodotto tossico che può accumularsi nell'organismo. Secondo l'EPA il 20% degli americani beve acqua in cui la concentrazione di piombo supera il limite di sicurezza¹⁶¹ e, come è stato detto in precedenza, vi sono studi che dimostrano che i bambini sono una categoria a rischio particolarmente elevato. L'esposizione a concentrazioni troppo elevate di piombo derivabili dall'acqua inquinata, dalle pitture murali o dagli scarichi delle auto, danneggia il cervello e il sistema nervoso dei bambini piccoli,¹⁶² ma nonostante questi dati non c'è una volontà politica di ristrutturare le attività economiche in modo da eliminare il piombo.

L'amianto è un altro esempio rilevante degli enormi costi sociali che si accumulano quando si aspetta troppo a lungo prima di affrontare una crisi. L'amianto è stato impiegato per decenni come isolante nei palazzi per uffici, nelle scuole e nelle case, ma le fibre di amianto, inalate o ingerite, possono provocare il cancro. Per quanto l'amianto sia stato finalmente vietato nella maggior parte delle sue applicazioni, si tratta di un materiale di impiego così diffuso che ci vorranno decenni e forse secoli per rimuoverlo del tutto o eventualmente abbattere e ricostruire le strutture che lo contengono. Soltanto nelle scuole vi sono attualmente 15 milioni di studenti e 1,4 milioni di altro personale scolastico esposti all'amianto,¹⁶³ mentre altri milioni di persone negli uffici e nelle case si trovano esposte

allo stesso materiale. Il beneficio economico a breve termine, derivato dall'aver usato l'amianto come isolante, impallidisce di fronte al conto in termini di salute che potrebbe risultare da una esposizione prolungata a tale materiale cancerogeno.

Come in altre forme di attività economica, c'è sempre un problema di scala temporale, dove i benefici di un flusso intenso di materia e di energia sembrano convincenti fino a che non si mettono a confronto con gli effetti dannosi sulla salute che si riscontrano a lungo termine e che possono cancellare il guadagno ottenuto nei tempi brevi. Tutto questo appare più che mai evidente se osserviamo il continuo degrado dell'aria stessa che respiriamo.

Siamo convinti da molto tempo del fatto che l'attività industriale produce tali livelli di inquinanti nell'aria da mettere in pericolo la salute della popolazione, ciononostante fino agli ultimi decenni ben poche misure normative erano state messe in atto allo scopo di limitare le emissioni. Nel 1988, diciotto anni dopo l'approvazione del Clean Air Act (Legislazione sulla purezza dell'aria) del 1970, molte città americane erano ancora lontane dall'ottemperare alle misure minime divenute obbligatorie per legge,¹⁶⁴ con la conseguenza che la salute della popolazione risultava sempre più in pericolo. In varie città del Paese, le autorità sanitarie avevano istituito dei sistemi di allarme della durata di alcuni giorni o alcune settimane all'anno per mettere in guardia i cittadini quando la qualità dell'aria peggiorava fino a costituire un pericolo e insistevano presso gli anziani e i sofferenti di malattie respiratorie perché non uscissero di casa.

Il livello di ozono nelle aree urbane, secondo i dati più recenti, è così alto nei momenti di massima misurati nell'arco dell'anno, da costituire un pericolo per la salute molto più serio di quanto le autorità sanitarie avevano sempre creduto che fosse. L'ozono nell'alta atmosfera ha un effetto benefico ed è indispensabile come filtro della radiazione ultravioletta, al contrario diventa molto pericoloso per la salute se la

concentrazione prossima alla superficie terrestre è troppo elevata. Buona parte dell'ozono che si ritrova a livello del suolo è generato da inquinanti industriali, compresi gli idrocarburi e gli ossidi di azoto emessi dagli scarichi delle auto e dai camini delle fabbriche. Recenti studi su animali portano alla conclusione che l'ozono possa essere causa di «danni irreversibili ai polmoni tra cui un invecchiamento prematuro dell'organo».¹⁶⁵ L'andamento del riscaldamento globale, che dura ormai da molti anni, secondo alcuni ricercatori sta creando le condizioni ideali per un aumento della concentrazione di ozono negli strati inferiori: nel 1988 i livelli di ozono nella città di New York risultarono più alti dell'11% rispetto a quelli del 1983, che a loro volta erano i più alti mai registrati prima; parimenti in Washington D.C. i livelli di ozono risultarono del 22% sopra i livelli record del 1983 e in Chicago gli ufficiali sanitari riportarono un aumento del 36%, altre registrazioni, con risultati analoghi, sono state fatte nel resto del Paese.¹⁶⁶

Mentre le penalizzazioni dell'entropia hanno già raggiunto proporzioni da crisi in terraferma, gli oceani potrebbero risultare le vittime finali dell'era industriale. Soltanto negli Stati Uniti il numero di persone che vivono a meno di cinquanta miglia dal mare è passato da 42 milioni a 89 milioni nel periodo tra il 1940 e il 1980.¹⁶⁷ I rifiuti provenienti dagli insediamenti umani arrivano fino al mare con un ritmo impressionante» mettendo la vita acquatica a rischio di estinzione. Nel golfo del Messico le foche dei mari caldi hanno la più alta concentrazione di antiparassitari mai osservata nei tessuti di un mammifero. I pescatori delle coste orientali USA, da Chesapeake Bay al Maine settentrionale, nel 1988 raccontavano di catture di granchi e aragoste con la corazza perforata e di pesci con le pinne caudali in putrefazione e affette da altre lesioni ulcerose.¹⁶⁸ In Louisiana il 35% degli allevamenti di ostriche di tutto lo Stato è stato chiuso perché inquinato da acque di scarico.¹⁶⁹ La baia di San Francisco è inquinata da forti

quantitativi di cadmio» rame, mercurio, nichel e altri metalli pesanti scaricati come rifiuti industriali.¹⁷⁰

I rifiuti di plastica sono ormai così abbondanti nell'oceano, che circa 2 milioni di uccelli marini e 100.000 mammiferi muoiono ogni anno per averne inghiottito i frammenti o esserne rimasti impigliati. Si sono trovate tartarughe di mare soffocate a morte all'interno di sacchetti di plastica e leoni marini strangolati da reti di plastica.¹⁷¹

Vi sono sommozzatori che raccontano di aver dovuto «nuotare tra nuvole di carta igienica e feci semidecomposte, nei fondali di una baia coperti da una mistura tossica e inquinante di sedimenti, scarichi fognari e rifiuti petrolchimici detta, con termine appropriato "maionese nera"». ¹⁷²

L'inquinamento delle grandi aree oceaniche del pianeta ha compromesso seriamente l'industria della pesca e quindi l'approvvigionamento di cibo per milioni di persone in tutto il mondo. La pesca commerciale in USA è un'industria da 3,1 miliardi di dollari, resta però il fatto che i pescatori denunciano un fortissimo calo delle loro catture. In certe regioni la raccolta di vongole e ostriche è caduta al 50% del valore iniziale, in soli sette anni.¹⁷³

Il pesce è così contaminato che le autorità sanitarie di vari Stati pubblicano ripetutamente avvisi di cautela diretti ai consumatori, in quanto una serie di malattie, dall'epatite A al colera, possono trasmettersi all'uomo dal pesce contaminato. Nello Stato di New York le autorità mettono in guardia le donne in età fertile e i ragazzi sotto i quindici anni dal consumare quasi tutte le specie di pesci pescate nelle acque costiere. Il responsabile locale dell'EPA, in New England, sottolineava che: «Chiunque mangiasse il fegato di un'aragosta pescata in acque antistanti un'area urbana, dovrebbe considerarsi in pericolo». ¹⁷⁴

I costi di un'eventuale bonifica da tutti i residui entropici dell'era industriale già oggi risulterebbero sbalorditivi. L'EPA valuta che in tutta la nazione la bonifica delle vie d'acqua

costerebbe 110 miliardi di dollari in dodici anni, mentre la bonifica delle diecimila discariche di rifiuti pericolosi, che punteggiano l'intero territorio, costerebbe altri 100 miliardi di dollari. Ridurre l'inquinamento dovuto alle piogge acide può costare 30 miliardi di dollari in un mezzo decennio. L'eliminazione dei residui radioattivi costerà al contribuente e all'industria 37 miliardi di dollari e il recupero dei territori con miniere a cielo aperto costerà altri 7 miliardi di dollari. La lista sembra infinita, il conto di questa bonifica entropica già oltrepassa i 300 miliardi di dollari e abbiamo soltanto grattato la superficie.¹⁷⁵

Quando il conto entropico finale verrà presentato all'era industriale, è facile che i costi risultino più alti del ricavato dell'economia in questi ultimi secoli. L'era del progresso verrà allora etichettata a buon diritto dalle future generazioni di storici come l'era dell'illusione, e questo avverrà ogni volta che le leggi della termodinamica si presenteranno a riscuotere la tassa su una civiltà in cui il profitto ha messo in second'ordine la sostenibilità.

La salute

Come quasi tutte le attività della società contemporanea, anche la moderna medicina risente della visione newtoniana del mondo. L'approccio meccanicistico alla medicina ha dominato la professione sanitaria degli ultimi duecento anni. Un inglese, esperto in problemi sanitari, così riassume l'attitudine predominante:

I metodi della biologia e della medicina consolidatisi nel Diciassettesimo secolo sono stati di tipo ingegneristico, basati su modelli fisici. La natura era concepita in termini meccanicistici, tanto da portare i biologi all'idea secondo cui un organismo vivente può essere visto come una macchina smontabile e rimontabile nel momento in cui la struttura e le sue funzioni fossero state completamente chiarite. In medicina lo stesso concetto portò ulteriormente a credere che avendo capito il processo della malattia e della reazione del corpo malato sarebbe stato possibile intervenire terapeuticamente, soprattutto con metodi fisici (chirurgia), metodi chimici o elettrotecnici.¹⁷⁶

Oggi la cura della salute è in ordine di grandezza la terza industria degli Stati Uniti e contribuisce per il 9% circa al prodotto nazionale lordo.¹⁷⁷ Molti dei 150 miliardi di dollari seminati nel vasto campo della medicina sono serviti per ottenere nuove apparecchiature sempre più complesse e sofisticate.¹⁷⁸ Le cliniche moderne e gli ospedali possiedono una pletora di apparecchiature diagnostiche e terapeutiche.

Una delle ragioni principali della levitazione dei costi sanitari è l'introduzione di tutta questa strumentazione. Il costo unitari, per paziente, di questi macchinari sta diventando stratosferico: tra il 1950 e il 1988 le spese sanitarie sono salite da 76 dollari a 1600 dollari a testa.¹⁷⁹ La maggior parte dell'incremento è andato a pagare i costi enormi di mantenimento delle istituzioni mediche in continua espansione: oggi il medico di famiglia, con il suo piccolo bagaglio di pratica personale, è messo in disparte a favore dei giganteschi centri medici unificati, organizzazioni che ospitano centinaia di specialisti con tutte le loro apparecchiature.

La concentrazione, la specializzazione sempre più intensa e le apparecchiature sempre più elaborate si traducono poi in una spesa energetica sempre maggiore. Più si spende energia in campo medico, più disordine si accumula di pari passo. I medici non parlano volentieri di queste cose, ma la dura verità è che l'industria della salute non è immune dalla legge dell'entropia più di quanto ne sia qualsiasi altra attività nella nostra società.

È probabile che non abbiate mai sentito il termine iatrogeno, che invece ogni medico conosce bene. Provatevi a pronunciare questa parola di nove lettere davanti a un medico e la prima reazione sarà quella di mettersi sulla difensiva, con una espressione leggermente terrorizzata. Malattie iatrogene sono infatti tutte quelle causate da medici, ospedali, farmaci o apparecchiature usate per trattare un paziente.

Il fatto è che il sollievo temporaneo dei sintomi dovuto a una cura medica, è spesso seguito da problemi a lungo termine, di gravità anche maggiore per la salute del paziente rispetto a quella del male curato. Questo si spiega in parte tenendo conto che «di tutti i pazienti che si rivolgono al medico, tra il 75 e l'80% hanno dei problemi che si risolverebbero comunque da soli o che, viceversa, neanche i più potenti farmaci moderni potrebbero aiutare a risolvere».¹⁸⁰ A questo punto i medici fanno operazioni e prescrivono farmaci che creano al paziente

problemi più gravi di quelli che l'avevano spinto a chiedere aiuto. Molti di noi sanno benissimo che il piccolo vantaggio (diminuzione dell'entropia) che otteniamo da una radiografia è più che sovrappeso dal pericolo a lungo termine che presenta l'esposizione alle radiazioni (aumento dell'entropia).

Stiamo cominciando a capire come lavora il processo entropico riguardo all'uso dei farmaci. Ogni ventiquattro-trentasei ore, dal 50 all'80% degli americani adulti ingerisce un farmaco prescritto da un medico¹⁸¹ e, per quanto costoro possano provare un temporaneo allentarsi del disturbo o della malattia che li affligge, sicuramente saranno maggiori i danni a lungo termine prodotti dal farmaco sulla fisiologia del corpo umano nel suo insieme. Mai il danno è stato così evidente come nel caso degli antibiotici: furono chiamati farmaci delle meraviglie e vengono tuttora prescritti a caso per qualsiasi malattia infettiva che si presenti, con risultati catastrofici. Gli antibiotici uccidono i batteri in maniera poco selettiva e distruggono quindi altri importanti microrganismi del corpo umano essenziali al suo buon funzionamento. Vi sono casi di vaginiti da candida, infezioni micotiche intestinali, carenze vitaminiche e una quantità di altri disturbi derivati dall'uso continuato di antibiotici. Inoltre, l'uso intensivo di questi farmaci ha dato luogo a una proliferazione di batteri così resistenti e virulenti da sopravvivere sia all'azione del farmaco, sia ai normali meccanismi di difesa dell'organismo. Nel 1976 si è tenuto un congresso internazionale su questo argomento a Lindberg, in Germania occidentale dove molti dei partecipanti si trovarono d'accordo nel riconoscere che la specie umana si trova in una situazione peggiore di quella che sarebbe ipotizzabile se non fossero stati introdotti questi cosiddetti proiettili magici.¹⁸²

Gli antibiotici sono soltanto la punta dell'iceberg. Secondo uno studio dettagliato pubblicato da una sottocommissione del Senato nel 1962, quasi la metà dei 4000 prodotti farmaceutici immessi legalmente sul mercato nei ventiquattro anni

precedenti non aveva un'efficacia scientificamente dimostrabile, e poco è cambiato da quegli anni.¹⁸³ Inquieta anche di più il fatto che molti di questi medicinali inefficaci, prodotti dalle maggiori case farmaceutiche, sono pericolosi e hanno provocato danni alla salute. Nel libro *Pills, Profits and Politics* Milton Silverman, ricercatore farmacologo, e Philip Lee, ex segretario aggiunto dell'HEW, affermano che «gli effetti collaterali» dannosi, causati da farmaci, «mietono più vittime di quante ne faccia il cancro al seno».¹⁸⁴ Il problema si è acuitizzato a tal punto, dicono gli autori, che gli effetti dannosi dei farmaci «si classificano tra le dieci maggiori cause di ospedalizzazione e possono essere loro imputate qualcosa come 50 milioni di giornate di degenza all'anno».¹⁸⁵

È impossibile sapere fino a che punto la moderna pratica medica produca danni alla salute più gravi di quelli curati. Sappiamo comunque che su cinque pazienti sottoposti a terapie in ospedale, uno di loro contrarrà una malattia iatrogena e uno su trenta di questi finirà per morirne.¹⁸⁶

Il tragico è che per molti pazienti non vi è assolutamente alcuna ragione per essere ricoverati in ospedale. Da un rapporto del Congresso si viene a sapere che nel 1974 i medici effettuarono 2,4 milioni di operazioni inutili che provocarono 11.900 morti inutili a un costo altrettanto inutile per l'ente pubblico di 4 miliardi di dollari.¹⁸⁷

Ringraziamo il processo entropico che fa il suo lavoro. Gli scettici potranno sempre sostenere che la moderna medicina ha perlomeno il merito di un «temporaneo» miglioramento della salute e del benessere della popolazione, anche se il pagamento della penale, in termini di incremento entropico, si avvicina alla scadenza. Le statistiche sulle aspettative di vita in aumento vengono molto spesso tirate fuori dal cappello come prova che la medicina ha prodotto risultati impressionanti: è un mito a cui ci si tiene tenacemente aggrappati, perché offre prove per difendere la base meccanicistica della scienza medica, prove

che la società cerca, come le cerca per interpretare ogni altra attività della vita.

In realtà le moderne terapie mediche hanno svolto una funzione di secondo piano nell'eliminazione delle più importanti cause di mortalità per malattia e hanno quindi ben poco diritto di pretendere la parte del leone nel merito di aver allungato la vita. Molte ricerche hanno dimostrato che i fattori che più di tutti hanno contribuito ad aumentare le aspettative di vita, negli ultimi 150 anni, sono stati il miglioramento delle condizioni igienico-sanitarie e dell'alimentazione. Uno di questi studi è stato condotto congiuntamente da John e Sonja McKinlay della Boston University e dal Massachusetts General Hospital. Come in uno studio precedentemente condotto in Europa da McKeown, i ricercatori hanno trovato che la prima causa della diminuzione di mortalità negli Stati Uniti, dal 1900, è stata la rarefazione fino alla scomparsa di undici gravi malattie infettive: il tifo, il vaiolo, la scarlattina, il morbillo, la pertosse, la difterite, l'influenza, la tubercolosi, la polmonite, le infezioni gastrointestinali e la poliomielite. Per tutte queste malattie, ad eccezione dell'influenza, della pertosse e della poliomielite, il numero dei casi risultava diminuito, fin quasi ai minimi livelli, prima che entrassero in gioco le terapie mediche. La conclusione generale, riportata nella relazione, è la seguente:

Le pratiche mediche (sia chemioterapeutiche sia profilattiche) sembra che poco abbiano contribuito al declino complessivo della mortalità verificatosi negli Stati Uniti a partire dagli anni intorno al 1900, perché si tratta di pratiche introdotte, in molti casi, dieci anni dopo che una netta diminuzione aveva già preso piede, e che comunque nella maggior parte dei casi non hanno effetti rilevabili.¹⁸⁸

Fino al 1950 l'aspettativa media di vita, in America, ha continuato a salire e dopo il 1950 l'andamento ha preso a stabilizzarsi.¹⁸⁹ Oggi, almeno per gli uomini, l'aspettativa di vita

ha cominciato a diminuire ed è interessante notare che questo accorciarsi della vita ha cominciato a verificarsi negli anni in cui la medicina ha iniziato l'espansione verso le terapie ad alta tecnologia. Gli anni Cinquanta rappresentano anche i primi anni in cui l'America ha fatto il suo ingresso nell'era petrolchimica. Riguardo a quest'ultima causa, perfino il governo riconosce che vi è un rapporto diretto tra la crescita di morbilità a partire dal 1950 e l'inquinamento, che altro non è se non il rifiuto ad alto contenuto entropico generato dalla nostra economia petrolchimica:

L'inquinamento che abbiamo creato potrebbe ora diventare una delle principali cause di mortalità negli Stati Uniti. Il cancro e le malattie cardiache e polmonari, a cui era dovuto il 12% dei decessi nel 1900 e il 38% nel 1940, hanno costituito il 59% di tutte le cause di morte nel 1976. Con sempre maggior evidenza possiamo collegare gran parte della diffusione di queste malattie alla natura dell'ambiente.¹⁹⁰

Questa è stata la conclusione di una *task force* governativa ad alto livello composta dalla Environmental Protection Agency (Agenzia per la protezione dell'ambiente), dal National Cancer Institute (Istituto nazionale per le ricerche sul cancro), dal National Institute for Occupational Safety and Health (Istituto nazionale per la sicurezza e igiene del lavoro) e dal National Institute of Environmental Health Sciences (Istituto nazionale di scienze ambientali).

Secondo gli esperti sanitari il problema sta nella crescita esponenziale di tutte le forme di inquinamento in ogni settore dell'esistenza umana. In termini entropici: gli standard di vita elevati di cui abbiamo goduto in questo ambiente altamente industrializzato e che corrispondono a flussi interni di materia-energia particolarmente elevati, devono ora essere pagati con la diffusione delle malattie e con la morte. L'inquinamento, ricordiamolo, è un sottoprodotto dell'energia

dissipata e dei materiali esauriti che si accumulano lungo il flusso di materia-energia all'interno della società. Maggiore è il flusso di materia-energia, maggiore sarà l'inquinamento e maggiore, a seconda delle circostanze, il numero di morti che ne risulteranno.

Gli effetti mortiferi dell'inquinamento sull'organismo umano sono veramente sconvolgenti. La maggior parte dei tassisti di New York ha un tasso così elevato di ossido di carbonio nel sangue da non poterlo più usare per eventuali trasfusioni in persone con insufficienze cardiache.¹⁹¹

Già molti anni or sono alcuni scienziati riferirono davanti a una commissione del Senato che era diventato impossibile trovare latte per l'alimentazione dell'infanzia che non fosse contaminato: «Il latte umano, alla mammella, contiene sempre più antiparassitari o loro residui e altre sostanze cancerogene. I preparati di latte in polvere contengono pericolose quantità di piombo».¹⁹²

Da una ricerca condotta parecchi anni or sono sugli studenti maschi di un'università risultò che circa uno su quattro presentava una densità dello sperma al di sotto del limite necessario per la riproduzione e che lo sperma stesso «conteneva prodotti chimici tra i quali il pentaclorofenolo (largamente usato come insetticida e preservante per il legno), i policloro-bifenili e metabolici vari del Ddt».¹⁹³

Negli ultimi anni più di un rapporto governativo era giunto alla conclusione che il 70-90% di tutti i tipi di cancro negli Stati Uniti è causato da fattori ambientali che vanno dai conservanti e additivi alimentari ai fattori tossici veri e propri dispersi nell'ambiente.¹⁹⁴

Joseph Galliano, segretario al dipartimento Sanità, Istruzione e Sicurezza sociale, creò sgomento tra i lavoratori di tutto il Paese quando verso la fine dell'estate del 1978 annunciò i risultati di una vasta ricerca, da cui era emerso che dal 20 al 40% di tutti i casi di cancro sono correlati all'attività lavorativa come risultato del contatto con una serie di metalli, sostanze

chimiche e lavorazioni, tutti d'altronde essenziali per continuare la nostra produzione industriale. Tra l'esposizione a un agente chimico e l'insorgere del cancro si ha un intervallo di tempo che può essere di venti o trent'anni, per cui si può stimare che più o meno un americano su tre, tra quelli oggi viventi, svilupperà un cancro nell'arco della sua vita. In quest'ottica, considerando che l'impennata nell'impiego di prodotti chimici industriali, antiparassitari e altre sostanze chimiche aveva avuto luogo dopo la seconda guerra mondiale, molti esperti di problemi sanitari prevedero un moltiplicarsi epidemico dei casi di cancro, virtualmente a partire dalla metà degli anni Novanta.

Il cancro è ben lungi dall'essere l'unica grave malattia derivata dagli inquinanti del mondo industriale. La United Steelworkers, il sindacato dei lavoratori delle acciaierie, riferisce che «più di mezzo milione di lavoratori all'anno diventano disabili a causa di malattie professionali» di tutti i tipi.¹⁹⁵ Uno studio commissionato dall'EPA concludeva che il salario perso dai lavoratori americani per le sole conseguenze dell'inquinamento dell'aria ammonta all'enorme cifra di 36 miliardi di dollari all'anno.¹⁹⁶ Secondo un altro studio condotto dall'American Lung Association (Associazione contro le malattie polmonari), il conto da pagare per le malattie dovute all'inquinamento atmosferico si può valutare in 10 miliardi di dollari all'anno.¹⁹⁷ L'Office of Technology Assessment (Istituto per la valutazione delle tecnologie) afferma che l'inquinamento atmosferico potrebbe essere la causa di 50.000 morti premature all'anno in USA.¹⁹⁸

Le prospettive per la salute nell'immediato futuro sono alquanto sinistre. L'*Homo sapiens* non è fatto per un ambiente invaso dalla petrolchimica e fortemente industrializzato, la nostra anatomia non è cambiata da quando i primi esseri umani sono comparsi sulla Terra e, biologicamente, siamo adatti a un'esistenza da cacciatori-raccoglitori. Tutti i successivi stadi di sviluppo economico e sociale non hanno fatto che aumentare

gli stati di tensione fisiologica nel corpo umano, togliendo continuamente qualcosa alle nostre possibilità di sopravvivenza come specie.

Molte malattie sono causate dall'ambiente e derivano dall'accumularsi dei rifiuti e da altre forme di energia dissipata, via via che aumenta l'entropia di un determinato sito ambientale. Non è difficile da capire: tutti noi sopravviviamo ricavando dall'ambiente energia disponibile e quando l'ambiente intorno a noi sarà soffocato e intasato dai rifiuti, bloccherà il flusso energetico e ci porterà in prossimità di uno stato di equilibrio.

Ogni ambiente energetico genera una sua forma particolare di energia dissipata. Questa energia dissipata, rifiuti compresi, viene assimilata in diverse proporzioni dai diversi gruppi sociali a seconda di come si sono sviluppate le linee di flusso. Per quanto sia vero che nel corso della storia umana la maggior parte delle malattie più gravi si è verificata indipendentemente dall'ambiente energetico, purtuttavia la maggior frequenza di certe malattie rispetto ad altre può essere attribuita a tre fattori determinanti: la specifica base energetica della civiltà che si prende in considerazione, la direzione in cui si sono sviluppate le linee di flusso e lo stadio a cui è arrivato il processo entropico.

L'idea secondo cui la genetica gioca un ruolo più importante di quello ambientale nello sviluppo e nella propagazione di certe malattie contiene una parte di mistificazione. Come mostra chiaramente René Dubos nel suo lavoro sull'argomento, *Man Adapting*, certi genotipi sono meno resistenti di altri a particolari malattie ambientali e pertanto sono più soggetti a contrarle, ma ancora una volta è la natura delle fonti energetiche, lo stato dell'entropia e il modo con cui si sono sviluppate le linee di flusso energetico a determinare la probabilità o meno di epidemia di una determinata malattia. Le malattie infettive, per esempio, erano quasi

sconosciute tra le comunità di cacciatori- raccoglitori che erano piccole, estremamente mobili e vivevano all'aria aperta.

Negli ambienti agricoli, dove la popolazione è sedentaria e si vive a stretto contatto tra persone, animali domestici e piccoli roditori, le infezioni microbiche sono la causa principale di malattia. Quando le fonti energetiche si esauriscono con l'espandersi dei terreni agricoli, l'abbattimento delle foreste e l'erosione del suolo, gli habitat naturali divennero sempre più degradati favorendo la diffusione di certi microrganismi. Le infezioni che si svilupparono sono state il risultato delle situazioni squilibrate causate dall'intensità di certi flussi energetici.

Nella moderna società industriale la principale causa di malattie è l'energia esaurita che si forma dalle fonti non rinnovabili. Come abbiamo detto, è sempre più dimostrato che l'aumentata frequenza dei casi di cancro, di malattie cardio-respiratorie e di altre patologie croniche degenerative, va messa in relazione con le fonti non rinnovabili e segue a ruota l'incremento entropico dell'ambiente. Va detto infine che la frequenza delle malattie di questo tipo risulta diversamente distribuita tra i vari gruppi sociali della popolazione e dipende dalla loro posizione rispetto ai flussi energetici, cioè dal tipo di lavoro svolto, dall'energia che torna a loro come ricompensa (retribuzione), dai luoghi in cui vivono e dallo stile di vita che scelgono.

Nell'accumularsi di rifiuti e materiali esausti creati dagli intensi flussi di energie non rinnovabili, con una rincorsa a far crescere ogni tipo di disordine, si raggiungerà un punto in cui la popolazione non avrà più scelta e dovrà cambiare strada e tornare alle energie rinnovabili e agli usi limitati, oppure dovrà far fronte alle malattie e alla morte in proporzioni epidemiche.

Si stanno già attivando i segnali di guardia. L'aumento di emissioni di gas serra (CO₂, metano, Cfc e protossido d'azoto) sta creando il contesto per una diffusione di malattie che potrebbe devastare un gran numero di specie. L'intensificarsi

dell'effetto serra sarà accompagnato da un disastroso aumento di casi di cancro e di malattie cardio-respiratorie quando miliardi di persone in tutto il mondo resteranno come intrappolati dal calore, dai gas di scarico dei combustibili fossili e da tutte le altre emissioni di fumi industriali.

Parte sesta

**Entropia:
una nuova visione del mondo**

Effetto serra: l'età della transizione

Non è facile passare da una visione del mondo meccanicistica, basata sull'idea di una crescita materiale indefinita, a una visione del mondo entropica, basata sull'idea di non depauperare le risorse finite. Supponiamo di continuare ad agire come abbiamo fatto finora ma di aver visto giusto nel prevedere le conseguenze: avverrà che la crisi energetica e l'exasperarsi dell'effetto serra spingeranno le popolazioni a chiedere conto ai governi nei prossimi decenni, onde ottenere risposte che cambino la situazione. Non vi saranno più allora progressisti o conservatori, falchi o colombe, ma soltanto milioni di disperati che cercheranno a ogni costo un sollievo alle loro sofferenze. Sono avvenimenti da non collocarsi sempre e comunque in un lontano futuro, potrebbero verificarsi da un momento all'altro.

Sarà però difficile trovare alternative ai metodi con cui si amministra oggi l'energia. La transizione dalle civiltà dei cacciatori-raccoglitori alle civiltà agricole ha richiesto migliaia di anni e il cambiamento dal mondo agricolo a quello industriale ne ha richiesti centinaia. In entrambe i casi poi una quantità di tempo è stata spesa perché la visione del mondo cambiasse così radicalmente, da permettere a tutti di potersi adattare alla nuova situazione economica. Oggi ci troviamo costretti a compiere il passaggio dall'era industriale delle risorse non rinnovabili a una nuova età, ancora non ben definita, ma comunque basata come una volta sulle fonti energetiche rinnovabili, e dovremo fare questa transizione in poco più di una generazione. Dovremo cambiare radicalmente la nostra visione del mondo in pochissimo tempo e per avere successo

dovremo esercitare una puntigliosa determinazione, una militanza se preferite, di proporzioni ciclopiche.

Quando ascoltiamo i sostenitori dell'energia solare che esaltano i grandi benefici a cui andremo incontro passando dalle fonti non rinnovabili all'utilizzo della radiazione solare, siamo convinti che questo cambiamento possa avvenire senza rivoluzionare il nostro stile di vita, e invece non è così; le tecnologie e il quadro istituzionale sono specifici di ciascun contesto energetico. I convertitori di energia che, tutti insieme, costituiranno la civiltà dell'era solare saranno del tutto diversi da quelli di oggi, ancora appartenenti all'era dei combustibili fossili.

Rendiamoci conto che dire era industriale è solo dare un nome ai convertitori che abbiamo installato per usare le fonti energetiche non rinnovabili, quelle sulle quali siamo sopravvissuti finora. Sia che parliamo del flusso energetico in ambiente socialista o capitalista, la realtà è che tutti i Paesi industriali possono continuare a esistere soltanto grazie alle energie non rinnovabili a cui è legata la loro economia. Se nulla cambia, la fine dell'energia non rinnovabile sta preparando la fine contestuale dell'era industriale. Svanite le scorte di energia non rinnovabile» l'intera sovrastruttura economica che su di esse era stata costruita comincerà a crollare. Già le crepe diventano visibili e per quanti tentativi si facciano non avremmo neppure scorte di energia sufficienti a ripararle tutte. Questa dura realtà che ogni abitante del pianeta dovrà alla fine trovarsi di fronte.

L'era solare verso cui ci stiamo avviando avrà un funzionamento differente dall'attuale era industriale, almeno nella misura in cui la nostra civiltà è diversa da quella medioevale che l'ha preceduta. Una traversata veramente ardua ci aspetta: la transizione dalle fonti non rinnovabili a quelle rinnovabili rappresenta un obiettivo di immensa portata per tutta la civiltà. Il mondo dell'effetto serra ci mette tra le mani tutta la violenza di una realtà che minaccia di compromettere

seriamente ogni possibilità di fare il salto da una delle grandi età dell'uomo alla prossima.

L'effetto serra e il riscaldamento globale hanno un andamento che non può invertirsi nel breve periodo, ma potrebbe essere rallentato fino al punto di permettere alla nostra specie di sopravvivere alcuni decenni in più per potersi riadattare al cambiamento epocale di economia e di clima che attende il pianeta. Guadagnare anche solo pochi decenni di tempo prezioso significa un'alternativa tra sopravvivenza ed estinzione per buona parte della vita e della civiltà.

Non esiste un rimedio tecnologico al fenomeno dell'effetto serra, la sola soluzione possibile consiste nell'eliminarne la causa. Sia alla conferenza di Bellagio, tenutasi in Italia nel 1987, sia a quella sui cambiamenti atmosferici di Toronto, in Ontario, del 1988, scienziati provenienti da tutto il mondo si trovarono d'accordo nell'affermare che la prima questione da affrontare era una radicale diminuzione delle attività che richiedono di bruciare combustibili fossili - carbone, petrolio, gas naturale - tutti quanti in grado di generare emissioni di CO₂. L'obiettivo sarebbe una riduzione del 50% o più nell'impiego di combustibili fossili entro l'anno 2015.¹ Per raggiungere un obiettivo del genere i governi devono subito promuovere programmi almeno per incrementarne l'efficienza e renderli operativi. I primi a partire dovrebbero essere gli Stati Uniti e i Paesi dell'ex Unione Sovietica, che incidono per circa il 45% di tutto il pianeta sulle emissioni di CO₂ da combustione.²

Ridurre della metà l'impiego di combustibili fossili in meno di tre decenni richiederà giganteschi cambiamenti nel tipo di scelte e priorità economiche, militari e politiche, cambiamenti così straordinari da richiedere una mobilitazione mondiale su scala mai sperimentata in tutta la storia. L'obiettivo appare ancor più difficile da raggiungere se si pensa che molti economisti già stanno prevedendo un raddoppio delle emissioni di CO₂ nei

prossimi decenni, tenendo conto delle proiezioni di sviluppo economico,³

Migliorare l'efficienza energetica può rivelarsi una lunga strada verso la riduzione delle emissioni di CO₂ non necessarie. Può essere interessante notare che l'efficienza energetica, anche nelle nazioni industrializzate, è molto diversa da Paese a Paese. Gli Stati dell'ex Unione Sovietica e alcuni Paesi dell'Europa orientale hanno strutture industriali inefficienti dal punto di vista energetico: se i loro standard di vita raggiungessero quelli occidentali, i consumi energetici per persona potrebbero raddoppiare.⁴ Anche tra le potenze industriali dell'Occidente l'efficienza energetica non è uniforme: il Giappone, per esempio, consuma la metà di energia per persona rispetto agli Stati Uniti, pur avendo un livello di vita paragonabile.

Le abitazioni statunitensi sono notoriamente inefficienti dal punto di vista energetico: una casa americana, a parità di superficie abitabile, usa da due a tre volte più energie di una casa svedese.⁵

Consideriamo, per esempio, soltanto di sostituire una lampadina da 75 watt con una fluorescente da 18 watt: secondo un calcolo di Bill Keeping e Gregory Kats del Rocky Mountains Institute, la lampadina fluorescente dopo aver prodotto la stessa quantità di luce nell'arco della sua durata, avrà fatto risparmiare la combustione di 180 chilogrammi di carbone, avrà evitato l'emissione in atmosfera di 5,5 chilogrammi di anidride solforosa (quella che dà luogo alle piogge acide) e avrà fatto risparmiare quindici dollari all'economia americana.⁶

Le attuali attrezzature domestiche hanno una efficienza energetica estremamente bassa e quindi contribuiscono significativamente alla domanda di combustibili fossili e, in ultima analisi, alle emissioni di CO₂.

Risalendo al 1981, meno del 5% di tutti i condizionatori d'aria avevano un rendimento energetico superiore al 9,5%,

quando già si trovavano in commercio altri condizionatori con prestazioni e prezzi paragonabili e con rendimenti fino al 14%.⁷ Secondo una ricerca condotta dalla Pacific Gas and Electric Company, il 70% degli acquirenti di elettrodomestici non si pone neanche il problema del consumo energetico quando fa un acquisto.⁸

In Giappone si vendono frigoriferi a sbrinamento automatico che consumano metà dell'energia dei modelli normalmente venduti in USA e condizionatori d'aria il cui consumo è, anche in questo caso, la metà di quello della maggior parte degli apparecchi in uso in America,⁹

David Goldstein, del National Resources Defense Council (Comitato nazionale per la difesa delle risorse) ha valutato che quando il consumatore acquista uno dei moderni frigoriferi a risparmio energetico pagandolo cinquanta dollari in più rispetto a uno convenzionale, il piccolo costo supplementare permetterebbe al fornitore di energia elettrica di risparmiare seicento dollari di nuova potenza installata.¹⁰ Molte aziende energetiche infatti stanno sperimentando campagne di incentivi, compresi prestiti a basso interesse, per incoraggiare l'acquisto di elettrodomestici più efficienti. Altri stanno valutando l'idea di dare in leasing ai clienti apparecchiature come pompe di calore, forni, scaldabagni, frigoriferi e condizionatori d'aria ad alto rendimento energetico, a costi inferiori a quelli di mercato.¹¹

Il governo federale potrebbe fare la sua parte, la più importante, per promuovere l'efficienza energetica della casa, emettendo leggi che stabiliscano dei minimi di efficienza per le apparecchiature, così come ha fatto con le normative sui consumi di carburante per le auto nel 1975. Già la California e qualche altro Stato hanno approvato leggi che stabiliscono rendimenti energetici minimali per le apparecchiature domestiche.¹² Nel 1986 il congresso ha approvato il National Appliance Energy Conservation Act (Legislazione nazionale sul risparmio energetico delle apparecchiature) dove si stabiliva

che per le più importanti attrezzature l'efficienza energetica nel 1990 avrebbe dovuto essere dal 15 al 20% maggiore di quella riscontrata nel 1985. Questa legge, approvata dal presidente Ronald Reagan, dovrebbe aver fatto risparmiare ai consumatori 28 miliardi di dollari di bolletta energetica entro il 2000 e contemporaneamente eliminare la necessità di ulteriori 22000 megawatt di potenza installata, riducendo così di una buona fetta la quantità di combustibile da bruciare e la quantità di CO₂ rilasciata in atmosfera.¹³

Quando le aziende energetiche locali e le agenzie statali e federali inizieranno a prendere in seria considerazione i programmi di risparmio energetico per la casa, una particolare attenzione dovrà andare ai più disagiati. Secondo una ricerca condotta nel 1982 dal dipartimento dell'energia, le famiglie con reddito inferiore a cinquemila dollari all'anno spendono il 15% circa dei loro guadagni in combustibili, mentre le famiglie con entrate superiori ai trentacinquemila dollari all'anno spendono in combustibili solo il 3%.¹⁴ I più poveri poi hanno meno possibilità di investire in apparecchiature a risparmio energetico e necessitano quindi di adeguata assistenza, dove si voglia effettivamente istituire un regime generalizzato di risparmio energetico che coinvolga tutta la società.

Se si aumenta l'efficienza energetica nelle case bisogna anche varare analoghi programmi di risparmio sulle strade. Supponiamo di arrivare a una normativa nazionale che fissi il consumo delle auto a diciassette chilometri per litro: sarebbe possibile ottenere una fortissima riduzione delle emissioni di CO₂ senza che l'economia risenta di effetti dannosi. Ricordiamo che si stanno sperimentando auto che riescono a raggiungere venticinque o anche quaranta chilometri per litro. Vi fu un anno in cui il dipartimento dei Trasporti aveva leggermente liberalizzato la normativa sul consumo di carburante: da 11,7 a 11 chilometri per litro ed è stato calcolato che questi 1,7 chilometri in meno avrebbero raddoppiato le importazioni di petrolio dal Golfo Persico e ci avrebbero

portato a un aumento delle emissioni di CO₂ corrispondente a circa 57 milioni di tonnellate di carbonio.¹⁵

I mezzi pubblici e l'uso dell'auto in comune sono strumenti di risparmio energetico efficaci che contribuirebbero a ridurre le emissioni di CO₂. Andare e tornare dal lavoro è un'attività che consuma un terzo di tutta la benzina che ogni giorno viene usata negli Stati Uniti: nel 1987 oltre 110 milioni di persone si trasferirono quotidianamente per lavoro e solo 4,5 milioni usarono autobus, mentre altri 2,3 milioni viaggiarono in ferrovia. Furono 21,7 milioni i pendolari che usarono le auto o i pulmini in comune, ma una schiacciante maggioranza di 70,8 milioni viaggiarono in auto da soli.¹⁶

La massima attenzione dovrà essere dedicata a un miglioramento dei trasporti pubblici con programmi che comprendano l'assistenza del governo centrale agli Stati e ai Comuni per il potenziamento delle reti di autobus e ferrovie. I datori di lavoro pubblici e privati potrebbero e dovrebbero aiutare i dipendenti a organizzarsi nell'uso comune delle auto e dei pulmini incentivandoli eventualmente nel processo, Per esempio, sulla strada statale n. 66 che collega i sobborghi della Virginia alla capitale Washington D.C., nelle ore di punta alcune corsie sono riservate alle auto con tre o più passeggeri. Progetti innovativi come questo e anche altri, mirati al settore trasporti, sono indispensabili se vogliamo ridurre drasticamente il consumo di combustibili liquidi e dare un taglio alle emissioni di CO₂ in atmosfera.

Un programma globale per l'efficienza energetica porterebbe al risparmio di migliaia di miliardi di dollari spesi per impieghi energetici non necessari, e ridurrebbe enormemente la quantità di CO₂ rilasciata.¹⁷ Negli Stati Uniti, secondo una ricerca commissionata dal Dipartimento dell'Energia (DOE) nel 1979, l'attuazione dei programmi di efficienza energetica porterebbe a ridurre del 50% l'energia impiegata per riscaldare o rinfrescare gli edifici, ridurrebbe del 25 % la domanda energetica per i processi industriali e nel

contempo porterebbe a dimezzare il consumo di carburante dei mezzi di trasporto.¹⁸

Secondo un articolo di «Scientific American», esistono tecnologie per costruire edifici commerciali a risparmio energetico che in cinquant'anni permetterebbero risparmi tali da evitare la costruzione di ottantacinque nuove centrali elettriche e di oleodotti per una portata equivalente a due *Alaskan pipeline*. Anche considerando che un programma di efficienza energetica esteso a tutto il Paese potrebbe costare 50 miliardi di dollari, si potrebbero poi risparmiare 110 miliardi di dollari di spesa energetica ogni anno con un risparmio netto di 60 miliardi già in pochi anni.¹⁹ Un serio impegno per aumentare l'efficienza energetica nelle case, negli uffici, nelle industrie e sulle strade, esteso a tutti gli Stati Uniti, ridurrebbe la bolletta energetica nazionale da 400 miliardi di dollari a 270 miliardi permettendo una fortissima riduzione nel consumo di combustibili e quindi nel rilascio di CO₂ e altri gas serra in atmosfera.²⁰ Nonostante tutte queste considerazioni, una rappresentante al Congresso, Claudine Schneider, durante un'audizione sull'effetto serra dovette ancora sottolineare che: «Dei 50 miliardi di dollari all'anno che il governo spende in sussidi energetici, meno del 2% va in programmi di promozione per l'efficienza energetica».²¹ Riciclare i rifiuti è un ulteriore strumento di riduzione dell'impiego di combustibili fossili e conseguenti emissioni di CO₂. Le leggi della termodinamica ci dicono che il riciclo dei metalli o delle sostanze organiche generalmente richiede meno energia che produrli a partire dai minerali naturali o coltivare le piante dal seme. Facciamo l'esempio del riciclo di una lattina di alluminio: si risparmia metà del contenuto della stessa lattina in benzina per trasporti, si impiega solo il 5% dell'energia richiesta per fabbricare la stessa lattina dalla bauxite minerale e si riduce del 95% l'inquinamento atmosferico.²² Il riciclo della carta riduce l'energia richiesta per produrne una tonnellata, fino a oltre tre quarti di quella che si impiegherebbe per coltivare e lavorare le

piante e produrre nuova carta, inoltre il consumo d'acqua sarebbe circa la metà.²³ Il riciclo permetterebbe di soddisfare la metà della domanda annuale di antimonio, un terzo della domanda di ferro, piombo, nichel e un quarto delle nostre necessità di mercurio, argento, oro e platino.²⁴

David Morris dell'Institute for Local Self-Reliance (Istituto per l'autosufficienza locale) mette in luce l'enorme potenziale del riciclo come risposta alla crisi energetica e al riscaldamento globale.

Una città delle dimensioni di San Francisco elimina più alluminio di quanto ne verrebbe prodotto da una piccola miniera di bauxite, più rame di quello di un media miniera di rame e più carta di quella che si ricaverebbe da una discreta piantagione di alberi. San Francisco è una miniera, il problema è come sfruttarla nel miglior modo possibile e come ricavare il massimo dal materiale raccolto.²⁵

Alcuni Stati hanno avviato programmi di riciclo generalizzati. Per esempio nello Stato di New York si richiede una cauzione per ogni lattina di bibita o di birra venduta e per ogni bottiglia di metallo, vetro o plastica: si tenga conto che in tutto lo Stato si vendono 400 milioni di confezioni di lattine o bottiglie ogni anno. Secondo una ricerca condotta dalla Beer Wholesalers Association (Associazione dei commercianti di birra al dettaglio) in ventiquattro mesi dall'entrata in vigore della legge, lo Stato avrebbe risparmiato 50 milioni di dollari in spese di pulizia, 19 milioni in smaltimento rifiuti solidi, e da 50 a 100 milioni in energia. Inoltre la stessa legge sulla cauzione avrebbe creato 3800 nuovi posti di lavoro.²⁶

Tra il 1981 e il 1986 più della metà dei 300 miliardi di lattine di alluminio vendute negli Stati Uniti è stato restituito per essere riciclato: ai consumatori fu restituito un miliardo di dollari per il deposito e l'industria consumò il 22% in meno di energia per la produzione di alluminio.²⁷

Anche il riciclo della carta e di altri materiali di origine biologica contribuisce al risparmio energetico e alla riduzione delle emissioni di CO₂. In Maryland, da oltre due decenni, è attivo un programma intensivo di riciclo della carta. Lo stesso governo locale acquista la metà dei suoi articoli di cancelleria nonché di asciugamani usa e getta e di carta igienica da fabbricanti di carta riciclata. Con questo solo programma, in Maryland si calcola di aver risparmiato energia equivalente al riscaldamento annuale di novemila abitazioni.²⁸

Duecento cartiere USA lavorano da alcuni anni esclusivamente con carta riciclata: il risparmio di energia è notevole ma il risparmio di alberi è altrettanto enorme, riciclare la carta della sola edizione domenicale del «New York Times» significa che 75.000 alberi in più resteranno in piedi.²⁹ Si calcola che se solo la metà della carta usata in tutto il mondo venisse riciclata, otto milioni di ettari di foresta resterebbero intatti, cioè il 6% dell'intera copertura boschiva dell'Europa.⁵⁰

Se le normative per il risparmio energetico e gli incentivi al riciclo non verranno attuati in tempi brevi o si dimostreranno deboli o inefficaci, il governo degli Stati Uniti sarà obbligato a instaurare un sistema nazionale di razionamento per far fronte alla scarsità di combustibile e alla minaccia per l'atmosfera e per il resto dell'ambiente costituita dalle emissioni di CO₂, di NO₂ e di altri gas serra. Il razionamento ha dimostrato di essere uno strumento efficace durante la seconda guerra mondiale e durante la breve crisi energetica del 1973-74. Molti esperti in problemi energetici e scienziati dell'ambiente sono convinti che sarà inevitabile arrivare a politiche di razionamento che, all'inizio degli anni Novanta, apparivano probabili ancor prima dell'avvento del nuovo secolo.

Dato per certo che le politiche di risparmio sono essenziali, il fatto è che ogni progetto di conservazione dell'energia avrà un'efficacia estremamente limitata finché sarà messo in atto nell'attuale infrastruttura adatta a un mondo ricco di energia. Qualsiasi tentativo di estendere le iniziative per la

conservazione restando però nei rigidi confini delle attuali infrastrutture può soltanto portare a gravi disguidi in altri nodi del flusso energetico, diversi da quello affrontato.

Si consideri per esempio la leggendaria rincorsa che l'America ha fatto per moltiplicare le installazioni di condizionatori d'aria. Il primo condizionatore fu installato nel 1922 in un cinematografo: oggi gli americani consumano più energia elettrica per l'aria condizionata, considerando solo i tre mesi estivi, di quanta ne consumino tutti i cinesi della Repubblica Popolare per far fronte alle loro esigenze complessive di un anno intero. E la Cina ha il quadruplo di abitanti!³¹

A partire dagli anni Sessanta, nel corso di trent'anni durante i quali l'energia aveva preso a correre lungo i suoi canali con velocità mai vista prima, una quantità di edifici in tutto il Paese, dal World Trade Center a New York all'Holiday Inns in California, erano stati progettati con serramenti fissi. A quei tempi si poteva pensare che vi sarebbe stata tale abbondanza di energia elettrica da garantire la climatizzazione di un ambiente completamente chiuso, lungo tutto l'arco dell'anno e già allora quando il termostato veniva regolato un pò troppo alto ci sarebbe stato bisogno di un poco d'aria fresca e di ventilazione. Il solo modo di affrontare il problema sarebbe quello di cambiare milioni di finestre in centinaia di migliaia di strutture, affrontando chiaramente un massiccio dispendio di energia, risorse, tempo e persone.

Questo è soltanto uno delle decine di migliaia di esempi che potremmo analizzare. Nessuno di essi deve portare a negare l'assoluta necessità di conservare le risorse quanto più è possibile, ma la conservazione funziona nella misura in cui il sistema è fatto per essere alimentato da piccole quantità di energia, mentre invece la società industriale urbanizzata è fatta esattamente in modo opposto: usa il massimo possibile di energia. In base a questo dato di fatto, e a come è organizzata la vita moderna, le misure di conservazione attuate in una

infrastruttura energetica preesistente possono solo servire come misure di adattamento lungo la transizione, verso un futuro a lenta crescita entropica.

Una nuova infrastruttura per l'era solare

Per quanto sia importante, come obiettivo a breve termine, aumentare l'efficienza energetica nello sfruttamento dei combustibili fossili, nel lungo periodo si renderà necessaria la transizione globale, sotto tutti gli aspetti, dalle fonti energetiche non rinnovabili a quelle rinnovabili. La transizione deve avere inizio il più presto possibile con lo sviluppo e la diffusione di tutte le tecnologie energetiche: solare, idrodinamica, geotermica ed eolica. Purtroppo tra il 1980 e il 1988 il dipartimento dell'Energia ha annullato sistematicamente il 75% dei programmi di ricerca e sviluppo sullo sfruttamento delle energie rinnovabili, proprio nel momento in cui questi sforzi stavano diventando di vitale interesse, all'avvicinarsi di una crisi ambientale che si prospetta come la più grave nella storia del mondo.³² La prossima crisi petrolifera già si profila minacciosa all'orizzonte e il pianeta continua a surriscaldarsi a ogni litro di gasolio che viene bruciato: non abbiamo altra scelta che rivolgere la nostra attenzione alle strategie energetiche alternative, se vogliamo salvare la nostra civiltà e il pianeta stesso da un'apocalisse nel secolo stesso che stiamo vivendo.

Nonostante la determinazione dell'amministrazione Reagan per mettere da parte ricerca e sviluppo sulle energie alternative, i servizi pubblici e l'industria privata hanno continuato a lavorare in sordina per preparare le fondamenta di una infrastruttura solare.

Nel 1988 alcuni ricercatori del Solar Energy Research Institute (Istituto di ricerche per l'energia solare) annunciarono che erano riusciti ad aumentare l'efficienza dei pannelli solari dall'8% all'11%; ricordiamo che pannelli solari che avessero

un'efficienza del 15% potrebbero diventare competitivi con l'energia convenzionale dei combustibili fossili.³³ Già oggi in tutti gli Stati Uniti si usano apparecchiature a energia solare per riscaldare case e uffici e per alimentare strumenti o processi che funzionano con piccole batterie.

L'energia idroelettrica sta prendendo piede, preparandosi a riempire il vuoto che si aprirà quando le riserve di petrolio resteranno a secco. Il Canada, che dispone di centomila megawatt di potenza idroelettrica inutilizzata, spera di avere un mercato per la sua energia anche in USA.³⁴ In New England, dove l'acqua è ancora abbondante, si calcola che le nuove installazioni idroelettriche potrebbero aumentare del 7% l'attuale capacità produttiva.³⁵

Il Solar Energy Research Institute prevede che il 19% delle forniture energetiche USA potranno derivare da energia solare, o comunque da tecnologie dolci, a partire dall'anno 2025.³⁶ Un efficace programma di risparmio energetico potrebbe colmare il resto del buco.

La transizione verso l'energia dolce eliminerà buona parte delle emissioni di CO₂ dovute alle tecnologie che bruciano combustibili fossili, ma non basta: una volta riusciti a limitare le emissioni di CO₂, resteranno da eliminare anche gli altri gas serra se vogliamo davvero frenare la tendenza al riscaldamento globale. Nel 1987 trentaquattro Paesi firmarono il Protocollo di Montreal sui clorofluorocarburi, un emendamento che richiedeva di ridurre le emissioni di Cfc dal 35% al 50% entro l'anno 2000. La stampa e l'industria diedero grande rilievo al documento, ma molti scienziati ambientali contestarono il ritardo dell'accordo sui tempi effettivamente richiesti per far fronte al problema incalzante delle emissioni di Cfc. Inoltre, si aveva la più grave sensazione che molti Paesi non avrebbero mai preso in considerazione né lo spirito né la lettera dell'accordo, e avrebbero semplicemente continuato a permettere il rilascio di Cfc entro i confini nazionali.³⁷

Nel frattempo l'industria aveva sviluppato valide alternative che all'inizio degli anni Novanta erano già sul mercato con minimi problemi per i consumatori e per l'economia: la messa al bando dei Cfc gassosi, a questo punto, non era più un problema tecnico ma politico. L'opinione pubblica era stata mobilitata su scala mondiale e sia l'industria sia gli Stati si avviarono a prendere la direzione della minima resistenza, ritardando la messa al bando dei Cfc fino a quando il pubblico non avrebbe richiesto di agire senza più rinvii. In effetti, nel corso dell'ultimo decennio, i governi dei Paesi più industrializzati hanno vietato o fortemente limitato l'impiego dei Cfc, che potrebbero però essere ancora sul mercato in Paesi che non hanno aderito al protocollo di Montreal del 1987.

L'eliminazione delle emissioni di CO₂, dei Cfc e degli altri gas serra dovrebbe arrestare la tendenza al riscaldamento globale, ma una inversione della tendenza si può ottenere solo piantando alberi. Sembra un paradosso che l'unica soluzione praticabile per risolvere la crisi dell'effetto serra sia la riforestazione del pianeta: l'albero della vita, la metafora da sempre venerata nella tradizione ebraico-cristiana, rispunta come simbolo di salvezza dell'ambiente nel nuovo secolo. Come abbiamo ricordato, gli alberi assorbono l'anidride carbonica dall'atmosfera nel processo di fotosintesi, si calcola però che per arrestare i fenomeni dovuti all'effetto serra le piantagioni di alberi su tutta la Terra dovrebbero coprire almeno un'area equivalente alla superficie dell'Australia.

Spetta ai governi lanciare una vasta campagna di riforestazione nei prossimi decenni, se vogliamo sperare di abbassare la febbre del pianeta e risanare la Terra. I Paesi industrializzati dovranno trovare la volontà di dare sussidi, e anche finanziamenti finalizzati, ai Paesi del Terzo Mondo per spingere i programmi di riforestazione. Anche nell'ambito dei Paesi più sviluppati devono essere incoraggiati progetti di riforestazione con aiuti governativi; per esempio, negli Stati Uniti una legge approvata nel 1985 offre incentivi per un

modesto sforzo di riforestazione. Il Food Security Act (Legislazione sulla sicurezza alimentare) paga i contadini per interrompere la coltivazione dei terreni soggetti a erosione e tenerli a riposo. Normalmente questi terreni vengono seminati a erba ma il governo ritiene che qualcosa come due milioni di ettari verrà coltivato ad alberi, alberi ed erbe che contribuiranno entrambe ad assorbire dall'aria l'anidride carbonica in eccesso. In Cina, dove il 25% dell'intero manto forestale era andato perduto tra il 1949 e il 1960 per fornire il carbone di legna necessario ai piccoli altoforni delle comuni, durante la campagna di Mao per il gran balzo in avanti, oggi esistono piani di riforestazione per ricoprire il 20% di tutto il territorio entro l'anno 2001.³⁸

Piantare alberi rappresenta qualcosa di più di una semplice necessità ecologica: ci dà l'idea della speranza nel futuro. Quando piantiamo un albero facciamo un atto di fede nel ritorno della Terra al suo stato di salute e nella vita che riprenderà a pulsare sul pianeta. Negli anni che verranno milioni di persone in tutto il mondo potrebbero unirsi ai loro governi per riseminare la terra. Riforestare il pianeta è una priorità indilazionabile se vogliamo riuscire nella transizione dalla cultura dei combustibili fossili alla cultura solare.

Tra i climatologi e gli scienziati dell'ambiente si sta raggiungendo un consenso nel riconoscere uno stato di crisi in tutto il pianeta causato dalla tendenza al riscaldamento globale. Virtualmente tutti gli esperti che si interessano al problema concordano nel dire che la comunità mondiale deve ridurre la sua dipendenza dai combustibili fossili e mettere in atto da subito tecnologie energetiche alternative. Per la maggior parte sono favorevoli alle tecnologie dolci e all'energia solare, ma intanto incominciano a farsi sentire voci in favore di qualcosa come una nuova generazione di centrali nucleari sicure.

Molti scienziati ambientali considerano l'espressione energia nucleare sicura, come un ossimoro, una intrinseca contraddizione. Si consideri inoltre che l'industria nucleare ha

promosso una nevrotica e aggressiva campagna di informazione per convincere il congresso e il Paese che l'atomo di pace è la nostra ultima speranza e la migliore alternativa all'impiego di combustibili fossili.

Nel giugno del 1938, nel corso di un'audizione tenuta dal Congresso sul riscaldamento globale e sulle energie alternative, Bill Keepin e Gregory Kats del Rocky Mountain Institute presentarono i risultati di uno studio di fattibilità dell'energia nucleare come energia sostitutiva. Tutto quello che è emerso dovrebbe spazzare via le ultime illusioni messe sul tappeto dai proponenti di un futuro nucleare.

Per presentare il caso più favorevole analizzando la prospettiva di un programma nucleare su grande scala, gli autori dello studio ipotizzavano che ogni centrale nucleare potesse essere costruita in sei anni, al posto degli attuali dieci-dodici, che il costo di costruzione potesse limitarsi a mille dollari per chilowatt installato al posto degli attuali tremila dollari, e che si potessero dare adeguate risposte ai problemi sia scientifici sia politici, compreso il binomio sicurezza delle centrali e sicurezza dei depositi di residui nucleari.³⁹

Anche considerando di riuscire a rispettare tutte le condizioni minime sopra citate, per soddisfare la domanda energetica mondiale sarebbe necessario costruire ogni 1,6-2,4 giorni, per i prossimi trentotto anni, una nuova centrale da 1000 megawatt.⁴⁰ Un programma di questa portata costerebbe migliaia di miliardi di dollari e porterebbe alla bancarotta il mondo civilizzato ben prima di poter girare l'interruttore della maggior parte di questi impianti.

Secondo i calcoli di Critical Mass, un'organizzazione paragovernativa per l'energia fondata da Ralph Nader, limitatamente agli Stati Uniti, per sostituire tutte le attuali centrali a combustibile con centrali nucleari, il costo supererebbe i 2000 miliardi di dollari,⁴¹ Lo studio già ricordato di Keepin e Kats paragonava la costruzione di centrali nucleari ai programmi di risparmio energetico e concludeva che ogni

dollaro investito per l'efficienza delle apparecchiature elettriche rimuove dall'atmosfera sette volte più carbonio di un dollaro investito in energia nucleare.⁴²

Le tecnologie solari e tutte le altre forme di energia dolce offrono le migliori possibilità di fornire energia in alternativa ai combustibili fossili, bisogna però andare cauti: il passaggio dai combustibili fossili alle tecnologie solari come fonte di energia non sarà facile.

Sembra che siano in molti a pensare che l'era solare sarà pressappoco simile alla nostra, soltanto un po' più pulita: le auto saranno elettriche e non produrranno fumi, le città saranno alimentate da collettori solari, le case saranno riscaldate o raffreddate dall'energia solare, i rifiuti organici saranno convertiti in gas combustibile negli impianti per biomasse, graziosi mulini a vento punteggeranno il panorama riportandoci a un più sereno passato e anche le macchine dell'industria continueranno a girare senza più inquinamenti producendo i beni necessari al nostro stile di vita. Nell'era solare, sembrerebbe, potrai avere ancora la tua merendina a colazione e mangiarla in pace.

Tutto questo è molto lontano dalla verità. Nel periodo di transizione verso un'era solare si renderà necessaria una completa riformulazione delle attività economiche a tutti i livelli della società: per poco che scorriamo le enormi implicazioni che può avere il passaggio dalle riserve energetiche concentrate, costituite dai combustibili, a quelle diffuse, cioè la radiazione solare, appare chiaro che la struttura industriale esistente è completamente inadatta a un futuro solare.

L'energia in forma concentrata, ricavata da fonti non rinnovabili, ha letteralmente dato forma all'economia odierna e, se volessimo conservare la struttura organizzativa esistente, dovremmo continuare a fondarla sull'attuale sistema di correnti energetiche ad alta intensità. L'energia solare non è così concentrata come quella delle fonti non rinnovabili e quindi

non è adatta allo stile di vita di una società industriale con fonti e punti di distribuzione accentrati.

Numerose sono le tecniche per prelevare energia dal Sole: progetti di riscaldamento solare, celle fotovoltaiche, energia eolica, conversione di biomasse e numerose altre vie che vanno dai sofisticati sistemi ad alta tecnologia ai metodi tradizionali di utilizzo passivo dell'energia, costruendo case a massima esposizione alla luce, tutte tecniche che comunque prelevano energia da un flusso disperso su vaste aree piuttosto che da un serbatoio concentrato.

Come sorgente di energia, quella solare presenta degli indubbi vantaggi perché è pulita, abbondante e virtualmente inesauribile, almeno finché il Sole splenderà, cioè per miliardi di anni. Nel contempo però sussistono intrinseche difficoltà, soprattutto dal punto di vista di chi vorrebbe mantenere in vita l'attuale forma di organizzazione sociale.⁴³

La radiazione solare è diffusa e per poter compiere lavoro deve venir concentrata: le leggi della termodinamica ci dicono che si può compiere lavoro soltanto se si ha una differenza di temperatura tra due punti e, poiché l'energia solare in una certa regione irraggia in modo sostanzialmente uguale ogni metro quadrato di territorio, il flusso deve poter essere catturato e concentrato. Se poi si vuole ottenere energia elettrica il flusso catturato deve venir trasformato da una forma energetica in un'altra. La natura dei flussi e le economie di scala delle tecnologie solari sono particolarmente adatti alle piccole unità: tipico un impianto per fornire riscaldamento e acqua calda a una casa unifamiliare. Anche i sostenitori dell'energia solare, per lo più ammettono che allo stato attuale della tecnologia, convertendo all'energia solare le case private così come sono, solo il 60% delle necessità energetiche abitative verrebbe soddisfatto.⁴⁴ E' ben vero che si potrebbero costruire case solari molto più efficienti partendo dalle fondamenta, ma modificare tutte quelle esistenti sarà un processo molto lento: il 75% di tutte le case esistenti negli Stati Uniti hanno più di dieci

anni e poche delle ultime costruzioni sono attrezzate con pannelli solari.⁴⁵

Inoltre, in un contesto industriale o in una grande città, l'energia solare non si presta assolutamente alla complessa organizzazione tecnologica della società contemporanea. Una delle stime fatte in proposito prevede per esempio che per continuare a far funzionare l'attuale struttura industriale dovremmo ricoprire dal 10 al 20% dell'intera superficie degli Stati Uniti con vari tipi di collettori solari.⁴⁶ Un'altra valutazione dimostra che l'area di Manhattan consuma più di sei volte l'energia che le arriva dal Sole, nell'ipotesi di potergliele ritrasferire trasformata per esempio in corrente elettrica con un ipotetico collettore solare al 100% di efficienza.⁴⁷ Questo significa che per fornire energia alla città di New York con le varie tecnologie solari, sarebbe necessario ricoprire di collettori un'area pari a molte volte quella della città stessa. Per quanto New York sia un esempio estremo di consumo energetico, sta di fatto che molte altre aree urbane dovranno assoggettarsi allo stesso tipo di limitazioni nella prossima era solare.

Le dimensioni dell'infrastruttura solare da mettere in atto per mantenere la moderna società sono inimmaginabili, come pure inimmaginabili sono il tempo e il lavoro che ci vorrebbero a costruirla: per attrezzare con pannelli solari soltanto 3 milioni di case ci vogliono duecentomila lavoratori che producono e installano 75 milioni di metri quadrati di pannelli al costo di 20 miliardi di dollari.⁴⁸ Realizzare la fornitura energetica su base solare per le principali aree urbane richiede milioni di lavoratori. Come ebbe giustamente a notare E.F. Schumacher: potete riscaldare una casa con l'energia solare e ottenere il massimo comfort, ma non potete riscaldare il Rockefeller Center. In effetti l'energia solare, anche sommata all'energia eolica, non riuscirebbero neanche a far andare su e giù gli ascensori. Si consideri che molti dei servizi del Rockefeller Center sono inaccessibili senza ascensori, e provate inoltre a immaginarvi quanti avrebbero voglia di farsi trenta o anche cin-

quanta piani a piedi.⁴⁹ Schumacher intende dimostrare che le dimensioni della produzione industriale e della civiltà urbanizzata non collimano con il modello dell'era solare. Murray Bookchin, scrittore ed ecologista-anarchico, conferma queste convinzioni sostenendo che le energie solare ed eolica «non possono fornire all'umanità le masse di materie prime e i fiumi di energia necessari al sostentamento di popolazioni densamente concentrate in aree limitate e di industrie anch'esse fortemente accentrate. Le apparecchiature solari produrranno comunque piccole quantità di energia»,⁵⁰ L'ecologista William Ophuls aggiunge a sua volta: «Convertirsi a una totale dipendenza dall'energia solare richiederà senza dubbio modifiche fondamentali nelle nostre tecnologie e nell'economia, modifiche che andranno verso una maggiore frugalità e decentralizzazione»,⁵¹

Sono affermazioni che incominciano a prendere senso quando le si esaminano in un contesto di concetti termodinamici e forse per questo vi sono ancora persone che le considerano eretiche. Per esempio, alcuni avvocati dell'energia solare sostengono che un futuro alimentato dal Sole non dovrebbe richiedere frugalità o austerità perché tutta l'energia di cui avremo bisogno sarà ancora disponibile. L'errore contenuto nelle loro argomentazioni deriva da un sogno che nessuno ha ancora realizzato, cioè che l'energia solare possa direttamente compiere lavoro e quindi, essendo rinnovabile e non inquinante, più ne scorrerà lungo le nostre linee e meglio sarà.

Per quanto l'evidenza suggerisca il contrario, consideriamo come ipotesi di lavoro che si possano scoprire nuove tecniche per recuperare e concentrare le radiazioni solari molto al di là delle attuali possibilità e anche maggiori delle possibilità che gli ingegneri considerano il massimo concepibile. Se fossero comunque realizzabili processi di tale efficienza potremmo effettivamente alimentare una società tecno-logica-industriale altamente urbanizzata per mezzo della radiazione solare. Ma

quale sarebbe il risultato? Semplicemente questo: continueremmo ad alimentare il processo di aumento esponenziale dell'entropia sulla Terra, dove l'energia solare sarà sempre più usata per convertire le nostre limitate risorse di materie prime utilizzabili trasformandole in forme non più utilizzabili attraverso i processi produttivi. Non è quindi soltanto la forma di energia impiegata ma anche la sua quantità totale che diventa critica per la società che la usa. Se anche potessimo disporre di energia solare in forma concentrata, nel senso di poter ottenere correnti ad alta intensità adatte agli usi industriali, ci ritroveremmo molti degli stessi problemi economici e sociali che l'impiego di grandi quantità di energia genera nel mondo di oggi, semplicemente perché *l'impiego dell'energia solare non si può considerare separatamente dal problema delle limitate riserve della Terra, cioè i materiali con cui deve interagire per convertirli in prodotti. Nei processi biologici, come in quelli industriali, l'energia solare deve sempre combinarsi con altre risorse del suolo per produrre un prodotto e il processo di conversione genera sempre una progressiva dissipazione delle riserve del pianeta che non sono infinite.*

Vi sono molti progetti per distogliere dai consumi quanta più energia possibile e utilizzarla per la costruzione di nuove infrastrutture organizzative e industriali in grado di ricavare, conservare, lavorare e destinare ai vari impieghi l'energia solare. Molti di questi progetti appaiono perfettamente coerenti, ma dev'essere ben chiaro che infrastrutture del genere sono transitorie e servono a poco più di un rifugio intermedio per addolcire l'impatto della transizione. A lungo andare non si potrà più mantenere una infrastruttura solare che dipenda, per autosostentarsi, da risorse non rinnovabili: questo è semplicemente impossibile, almeno nella misura necessaria a mantenere l'economia in Paesi altamente industrializzati, perché le risorse non saranno più disponibili nelle quantità richieste.

Nell'esaminare le possibilità offerte dall'energia solare, l'ambientalista Howard Odum ha introdotto il concetto di

«energia netta»: essa rappresenta il totale dell'energia prodotta da una certa tecnologia, meno l'energia investita o comunque utilizzata nella produzione, Odum fa la seguente considerazione: l'energia solare può effettivamente generare energia netta in forme concentrate quali il cibo, le fibre tessili e l'elettricità, ma la resa per unità di superficie risulta bassa perché gran parte della stessa energia viene consumata nella manutenzione e gestione delle strutture di recupero e concentrazione.⁵²

Per quanto Odum sia un fautore dell'energia solare, che considera preferibile all'impiego del carbone, dell'uranio e del petrolio, dobbiamo però renderci conto, ci dice, che le tecnologie solari richiederanno una grande quantità di energia e materiali non rinnovabili per costruire milioni e milioni di apparecchiature solari: in sostanza si tratta di costruire tutta una infrastruttura energetica completamente nuova per la società. Per quanto le tecnologie solari siano tecnologie a minore intensità di capitale di quanto lo sia per esempio una raffineria o un impianto di gas di sintesi, il volume di risorse da impiegare è tutt'altro che trascurabile. Convertire soltanto due milioni e mezzo di case al 60% di autonomia energetica per mezzo del Sole, consumerebbe un buon terzo della produzione annuale USA di rame.⁵³ Se la metà dell'energia elettrica degli Stati Uniti dovesse essere prodotta mediante celle solari a combustibile, che rappresentano il miglior mezzo attualmente a disposizione, costruirle richiederebbe ogni anno ancor più platino di quanto se ne produca al mondo.⁵⁴ Anche per altre risorse non rinnovabili, le quantità necessarie a costruire una robusta infrastruttura solare sarebbero veramente enormi. Si tratta di materiali come cadmio, silicio, germanio, selenio, gallio, arsenico e zolfo, oltre a milioni di tonnellate di vetro, plastica e gomma, come pure grandi volumi di glicole etilenico, metalli liquidi e freon. Secondo una pubblicazione: «Se ci basassimo su celle a solfuro di cadmio per la conversione fotovoltaica diretta ci vorrebbero tutte le scorte di cadmio

presenti al mondo all'anno 1978 per ottenere appena 180.000 megawatt di capacità installata cioè circa il 10% della potenza installata in tutto il mondo». ⁵⁵

In un articolo dell'«Atlantic Economic Journal» del dicembre del 1978, Nicholas Georgescu-Roegen sottolineava il difetto di tutti gli approcci tecnologici correnti per lo sfruttamento dell'energia solare:

La verità è che ogni procedimento realizzabile per impiegare direttamente l'energia solare si presenta come un parassita delle attuali tecnologie, basate su combustibili fossili. Tutte le attrezzature, compresi i collettori veri e propri, vengono costruite con metodologie che usano energie diverse da quella del Sole, ed è ovvio che, come tutti i parassiti, anche le tecnologie solari basate sui procedimenti oggi conosciuti potranno sopravvivere soltanto fino a quando sopravvivrà l'ospite. Poiché l'intensità della radiazione solare al suolo è estremamente bassa, le apparecchiature che la raccolgono saranno necessariamente grandi. È facilmente concepibile che la difficoltà non possa assolutamente venir superata, posto che l'intensità della radiazione sia una costante cosmologica al di fuori dal nostro controllo. ⁵⁶

Il nostro futuro sarà un futuro solare, su questo non può esservi dubbio. La questione è se continueremo con il nostro vecchio habitus mentale e tenteremo inutilmente di creare una base energetica solare ad alta tecnologia, con uso intensivo di tutte le risorse, accelerando con questo la degradazione del pianeta, o se invece sapremo creare una base energetica che a ogni passaggio, dalla sua messa in atto fino agli impieghi, cerchi di mantenere al minimo i flussi di energia e l'impiego di risorse.

Non c'è da meravigliarsi se la modalità altamente tecnologica e sfruttatrice di risorse è quella favorita dal mondo degli affari: otto delle nove maggiori aziende produttrici di celle fotovoltaiche sono di proprietà di grandi gruppi industriali,

cinque dei quali sono compagnie petrolifere. Le celle fotovoltaiche sono collettori solari che permettono di concentrare l'energia solare in batterie per poi usarla come elettricità e, secondo Richard Munson di Solar Lobby, Exxon e ARCO si avviano a controllare più della metà delle aziende che le producono. Anche altri settori dell'energia solare sono in mano alla grandi compagnie: dodici delle venticinque maggiori aziende con produzioni attinenti all'energia solare sono controllate da grandi gruppi con un fatturato annuo di oltre un miliardo di dollari, tra i quali General Electric, General Motors, Alcoa e Grumman. È ovvio che l'obiettivo di queste aziende sarà di garantirsi che l'energia solare si sviluppi secondo una modalità di massima concentrazione.⁵⁷

La strategia solare del piccolo è bello sta già abbandonando il tavolo del progettista che si avvia verso l'attuale stile industriale. Le compagnie aerospaziali, per esempio, stanno spingendo pesantemente sul governo per farsi finanziare Sunsat cioè un satellite solare più grande dell'isola di Manhattan. A Barstow, in California, la McDonnell-Douglas, abbondantemente finanziata dal governo, stava già completando i lavori per la torre energetica,⁵⁸ un progetto da 130 milioni di dollari che consiste nella costruzione di 2200 enormi specchi per concentrare la luce del Sole su una caldaia a centosessantacinque metri di altezza sostenuta da una torre di cemento.⁵⁹ Sono schemi che tendono a sviluppare tecnologie solari concepite con una mentalità da combustibili fossili, cioè cercando di concentrare il più possibile la radiazione solare diffusa per arrivare a costituire riserve energetiche concentrate molto simili al petrolio o al carbone. Tentare vie di questo genere non può che apportare un disordine più pesante di qualsiasi vantaggio economico si possa ricavarne. La quantità di risorse energetiche non rinnovabili che servirà a costruire gli elementi dell'enorme satellite solare e a lanciarli nello spazio dove il satellite verrà assemblato è di gran lunga maggiore dell'energia che Sunsat potrà produrre in molti anni. Inoltre,

concentrare i raggi solari in tale quantità per rinviarli ai collettori terrestri può causare un inquinamento da microonde capace di danneggiare la salute di chiunque viva o lavori nei pressi dei collettori. Una volta concentrato il flusso di energia su una postazione centrale, rimane poi il problema di trasportarlo come elettricità via cavo, e questa parte di infrastruttura richiederà ulteriori risorse non rinnovabili per la sua costruzione. Anche la torre energetica presenterà problemi consimili: più accentrato si concepisce il recupero dell'energia solare, minore è l'energia netta che si può ricavare.

Anche le iniziative di portata minore richiedono scelte oculate tra le varie alternative possibili. Consideriamo per esempio una unità abitativa che può essere alimentata a energia solare utilizzando alte tecnologie o invece tecnologie più tradizionali. Più complessa è la tecnologia, minore è la resa energetica netta che fornisce. In un sistema ad alta tecnologia, che diremo attivo, la luce solare si concentra mediante pannelli solari e poi si immagazzina in una massa di aria o acqua contenuta in appositi recipienti, tutte strutture da costruirsi con risorse non rinnovabili, infine si invia a destinazione con pompe o ventilatori.

Altri sistemi ad alta tecnologia impiegano celle fotovoltaiche che catturano l'energia e la immagazzinano in batterie. Anche in questo caso si tratta di tecnologie basate su materiali non rinnovabili. È vero che questi sistemi impiegano strutture tecnologiche meno intensamente accentrate rispetto ai satelliti e alle torri solari, ma anche nella loro piccola scala le unità abitative alimentate in modo attivo dipendono in ultima analisi da forniture di rame, platino e altre risorse minerarie che incominciano a scarseggiare e di cui è fatta l'apparecchiatura che utilizza la luce solare.

I sistemi passivi di riscaldamento domestico sembrano essere meno dannosi per l'ambiente e in grado di fornire una maggiore resa energetica netta. In un sistema passivo è la casa che viene progettata e costruita in modo da mantenersi fresca

in estate e calda d'inverno. Oltre ai molti prototipi costruttivi di case solari passive che sono stati sviluppati dagli architetti, anche gli antropologi possono mostrarci altri sistemi costruttivi sviluppati centinaia e anche migliaia di anni or sono da popolazioni che non avevano altro modo per riscaldare le loro abitazioni.

L'era solare richiederà un adattamento sempre maggiore ai ritmi antichi della vita. Chi ha sposato la visione newtoniana del mondo e i ritmi dell'era industriale, giudicherà senza dubbio pessimistiche queste considerazioni sulle tecnologie solari e molti riterranno sicuramente inconcepibile che la vita delle nostre città, la produzione industriale e molte delle comodità che ci siamo dati (e che costituiscono il cosiddetto sogno americano) siano incompatibili con l'era solare. Ciononostante ecologisti ed economisti quali Georgescu-Roegen, Daly, Odum, Bookchin e Ophuls sembrano dimostrare che ignorare la realtà storica che ci sta davanti e mantenere false aspettative è una pura follia che ci porterà a una decadenza dell'umanità ancora più rapida di quella prospettata, e forse irreversibile. Indipendentemente dalla strada che sceglieremo, la transizione a cui andiamo incontro sarà sicuramente costellata di sofferenze e sacrifici, ma in realtà non abbiamo altra scelta. È importante sapere che le sofferenze saranno ridotte al minimo se il passaggio da una base di risorse energetiche a un'altra nuova si compirà da subito in maniera dolce e ordinata, piuttosto che in ritardo, dopo avere alla fine esaurito ogni riserva di combustibile fossile e avere portato la Terra a un punto tale di surriscaldamento da rendere impossibile adattarsi e sopravvivere.

Lo sviluppo del Terzo Mondo

I Paesi del Terzo Mondo, fermi ancora ai primi stadi dello sviluppo industriale, rischiano di dover sopportare il peso maggiore della transizione verso il mondo dell'effetto serra a quello dell'era solare. Già le crisi energetiche via via più pesanti e la tendenza al riscaldamento globale stanno imponendo loro una riconsiderazione dei modelli tradizionali di sviluppo economico e degli assunti su cui si basano.

Secondo una certa saggezza corrente, più si sviluppano le economie dei Paesi già industrializzati, più il resto del mondo potrà trarne beneficio. Questo postulato è legato all'idea che più si accelera la conversione delle materie prime in beni economici più si rendono disponibili beni di valore durevole o comunque ricchezza da dividere tra le popolazioni di tutto il mondo. Dato per certo questo principio di sviluppo economico internazionale, non vi è da stupirsi se ogni avanzamento tecnologico viene visto come occasione per creare sempre più ricchezza di beni durevoli.

I principi della termodinamica forniscono invece un quadro di riferimento ben diverso; in effetti, più i Paesi sviluppati convertono le risorse grezze in beni economici, meno ne rimangono, nel magazzino della natura, per gli altri Paesi e per le generazioni future. La maggior parte degli avanzamenti tecnologici servono ad accelerare la conversione delle risorse, cioè a sfruttarle in tempi sempre minori contribuendo a esaurire le riserve naturali e a creare nel processo sempre più rifiuti e disordine ambientale.

Via via che questa situazione diventa sempre più un dato di fatto, non dobbiamo dimenticare che le riserve ancora intatte

di risorse non rinnovabili sono per la maggior parte in mano ai Paesi poveri del Terzo Mondo e costituiscono per loro l'ultima carta da giocare per contrattare una più equa distribuzione della ricchezza tra le nazioni. I produttori di petrolio del Medio Oriente in passato usarono questa leva con successo e oggi la struttura del loro cartello che controlla i prezzi e i quantitativi del petrolio esportato, viene copiata da altri Paesi del Terzo Mondo per altre risorse non rinnovabili. Esistono cartelli per regolare il prezzo della bauxite, del rame, del ferro, del cromo e del piombo. La rivista «Fortune» scrive: «Se gli esportatori di materie prime riuscissero in questo loro intento, i tempi del continuo miglioramento dei livelli di vita nei Paesi industriali sviluppati potrebbero dirsi avviati alla fine».⁶⁰

Coloro che sono vissuti per decenni sfrattando le massicce quantità di energia e di risorse che il Terzo Mondo forniva, facilmente avvertiranno per primi le strozzature che i cartelli generano al nostro sistema economico. Una canzoncina diventata popolare nell'estate del 1979 riassume bene il senso di frustrazione di molti americani davanti ai prezzi del petrolio OPEC in continua crescita: «Niente greggio, niente cibo». In altre parole: se il Terzo Mondo non ci vuole dare il suo petrolio noi dovremo tagliare le esportazioni di cibo verso gli affamati del mondo. Un comportamento egoistico di questo genere da parte nostra sarebbe non solo moralmente e politicamente insostenibile, ma metterebbe in pericolo la nostra stessa sopravvivenza. Possiamo scegliere se accettare le nuove condizioni che le nazioni del Terzo Mondo ci porranno e dare un taglio ai nostri consumi di energia e materie prime, oppure intervenire militarmente alla conquista delle risorse di cui abbiamo bisogno. La seconda ipotesi poteva apparire irrealistica alla fine degli anni Ottanta per la presenza dell'Unione Sovietica e anche di altre potenze militari, ma è comunque chiaro che la lotta per le risorse scarse potrà sempre portare in futuro a uno scontro tra potenze mondiali.

Molti di noi proprio non capiscono cosa stia accadendo nel Terzo Mondo. Anche se ci proclamiamo solidali verso la tragedia dello squallore, della fame e della sovrappopolazione che investe il Sud del mondo, in realtà non abbiamo neanche un'idea della miseria in cui vive più della metà del pianeta. Ottocento milioni di esseri umani riescono appena a sopravvivere in una condizione che la Banca mondiale definisce di assoluta povertà, con un reddito annuale di meno di duecento dollari.⁶¹ Da quindici a venti milioni di persone del Terzo Mondo, tre quarti dei quali bambini, muoiono ogni anno per denutrizione. Mentre state leggendo queste righe, in un minuto, ventotto persone al mondo stanno morendo per le conseguenze della fame.⁶² L'80% della popolazione mondiale, per lo più gli abitanti dei villaggi, non ha alcun sistema sanitario.⁶³

Fino a che gli Stati Uniti continueranno a consumare ogni anno un terzo delle risorse mondiali, il Terzo Mondo non potrà neanche aspirare a un *modus vivendi* tale da garantire almeno un'esistenza dignitosa. Chi si adira contro la formazione dei cartelli usati come arma economica contro i Paesi ricchi farebbe meglio a chiedersi cosa farebbe lui se visse in un Paese del Terzo Mondo: un Paese in cui ogni capo di Stato che lasciasse le nazioni più industrializzate libere di continuare a saccheggiare le risorse 'naturali del territorio perderebbe qualsiasi appoggio da parte della popolazione.

Quando si parla di era dei limiti, declino delle aspettative materiali, politica di sviluppo economico zero, si fanno discorsi che per gli abitanti del Terzo Mondo appaiono soltanto un ulteriore tentativo da parte dei Paesi industriali per mantenerli in una posizione di asservimento internazionale. I Paesi del Terzo Mondo, che si sono appena affacciati alle soglie della produzione industriale, considerano le preoccupazioni ecologiche dei ricchi poco più che un tentativo delle nazioni sviluppate come gli Stati Uniti per mantenere il loro benessere, ostacolando la crescita economica tra i più poveri. In un

articolo presentato in preparazione dell'assemblea del Consiglio mondiale delle chiese nel 1979, alla rivista «Faith, Science and the Future», C.T. Kurien parlò a nome delle moltitudini dando il punto di vista del Terzo Mondo sulle tesi dei «Limiti dello sviluppo»:

Vi è una ristretta minoranza di popoli ricchi che fa montare un isterismo collettivo sulla fine delle risorse della Terra e invoca un'etica della conservazione nell'interesse di coloro che ancora devono nascere; sono gli stessi che intraprendono uno sforzo organizzato per impedire a quelli a cui è toccato essere fuori dai cancelli della loro opulenza, di accedere a un livello di vita almeno tollerabile. Non occorre una percezione soprannaturale per capire quali siano davvero le loro intenzioni.⁶⁴

L'argomento di Kurien è ben posto; finché continueremo a divorare una porzione spropositata delle risorse di questo mondo dissipandone la maggior parte in banalità, mentre il resto del mondo lotta per il prossimo pasto, non avremo nessun titolo per insegnare agli altri popoli come organizzare il loro sviluppo economico. Pertanto, se ci sentiamo veramente responsabili nell'evitare che il pianeta diventi una gigantesca discarica industriale, dobbiamo cominciare subito, volontariamente, a porre dei seri limiti al nostro benessere materiale. Dobbiamo dimostrare la nostra volontà di accettare duri sacrifici in nome dell'umanità.

Le nazioni del Terzo Mondo, da parte loro, non devono coltivare la speranza di poter mai raggiungere un'abbondanza di beni materiali analoga a quella raggiunta dall'America nei decenni trascorsi. Secondo l'economista Herman Daly:

All'incirca la terza parte della produzione annuale di risorse minerarie serve a mantenere il 6% della popolazione mondiale, gli abitanti degli Stati Uniti, a un livello di consumi a cui si pensa che tutto il mondo aspiri, per cui ne consegue che la produzione attuale di risorse potrebbe apportare un livello di vita di tipo

USA tutt'al più al 18% della popolazione mondiale senza lasciare alcunché al restante 82%. Resta il fatto che senza i servizi dell'82% povero anche il ricco 18% non potrebbe mantenere la sua ricchezza per cui una buona parte delle risorse dovrebbe essere dedicata a mantenere la parte povera, almeno alla sopravvivenza. Di conseguenza anche il valore del 18% è sovrastimato.⁶⁵

È dunque impossibile che il resto del mondo si sviluppi come gli Stati Uniti. In effetti, come abbiamo visto in precedenza, la scarsità delle risorse rende impossibile per gli stessi Stati Uniti continuare a vivere con una intensità energetica anche soltanto vicina a quello attuale. Non si tratta quindi di non riconoscere l'assoluta necessità di incoraggiare lo sviluppo economico del Terzo Mondo, la questione è un'altra: quale tipo di sviluppo è il più adatto ai Paesi poveri?

Quando il progresso occidentale approda in un Paese del Terzo Mondo il risultato di solito è un sottosviluppo immediato, ossia, la massa della popolazione di quel Paese diventa più povera di quanto lo era prima che lo sviluppo avesse inizio. Il principale motivo è che l'industrializzazione di stampo occidentale favorisce le città rispetto alle zone agricole e le produzioni ad alta intensità di capitale e di energia, fortemente accentrate, piuttosto che l'intervento dell'uomo. Di conseguenza, quando una nazione cerca di industrializzarsi, i posti di lavoro di fatto diminuiscono per via delle produzioni automatizzate. Di pari passo l'agricoltura meccanizzata, favorita dalla tanto vantata rivoluzione verde, ha l'effetto di cacciare i contadini dalle campagne. L'agricoltura meccanizzata richiede di immettere nei processi di coltivazione massicce quantità di energia che comportano costi elevati, con la conseguenza che i piccoli agricoltori vengono estromessi dal mercato e i contadini così spiazzati sono obbligati a traslocare in città per cercare lavoro. È una situazione che si sta verificando in tutto il Terzo Mondo. Si calcola che entro l'inizio del Terzo millennio un miliardo di

persone in più rispetto al 1975 potrebbero essere andate ad ammassarsi nelle urbane del Terzo Mondo,⁶⁶ e con l'urbanizzazione forzata si instaura la povertà. Inoltre, se l'agricoltura si adegua in tutto il mondo ai modelli USA, la situazione alimentare si fa sempre più precaria perché le colture diventano sempre più dipendenti da risorse non rinnovabili. Si calcola che se il mondo intero convertisse le colture al modello americano, l'80% di tutte le forme di energia utilizzate andrebbe a produrre alimenti e tutta la produzione petrolifera si esaurirebbe nel giro di un decennio.⁶⁷

Lo sviluppo industriale a forte intensità energetica porta con sé anche altri guasti alle strutture tradizionali del vivere. Si racconta che intorno al 1880 uno sceicco dell'Arabia Saudita avesse scoperto del petrolio che fuoriusciva dalla sabbia di un lontano deserto. Subito ordinò di chiudere il pozzo e proibì a chiunque di rivelare ciò che avevano visto. Perché si comportò così? Perché temeva che gli occidentali sarebbero subito arrivati con le loro attrezzature a prelevare barili, danneggiando nel contempo le tradizioni locali. Le ragioni di quello sceicco possono anche destare qualche sospetto, ma certamente i suoi timori erano ben fondati perché quando si trasportano nel Terzo Mondo le tecnologie ad alta intensità energetica esse portano con sé una ideologia a senso unico. I capi di governo continuano ingenuamente a pensare di portare in patria il benessere e la tecnologia di un Paese come gli Stati Uniti, senza per questo importare anche una serie di valori della società tecnologica che sarebbero distruttivi per la cultura tradizionale.

Inoltre, sfortunatamente, molti Paesi del Terzo Mondo impiegano i nuovi capitali che sono riusciti a costituire per industrializzare le loro economie sulla linea degli Stati Uniti e delle altre cosiddette nazioni sviluppate. Si tratta di politiche economiche malamente concepite capaci di portare a tragica fine non solo le nazioni che le hanno intraprese, bensì l'intero pianeta dove il processo entropico progredirà ancora più rapidamente del previsto, verso il prossimo spartiacque storico.

Innanzitutto, è pura follia sviluppare infrastrutture economiche basate su un flusso intenso di risorse non rinnovabili proprio quando il mondo sta precipitando verso un deficit delle risorse stesse. Nazioni del Terzo Mondo quali il Brasile e la Nigeria hanno avviato la costruzione di pesanti infrastrutture industriali operative dall'anno 2000, ma paradossalmente dovranno accorgersi che non potranno disporre a lungo dell'energia necessaria a mantenere gli impianti economicamente in attività.

In secondo luogo la crisi incalzante dell'effetto serra sta per imporre una transizione globale in cui tutti dovranno abbandonare i combustibili fossili entro i prossimi decenni. Sarà difficile, se non impossibile, per le nazioni del Terzo Mondo giustificare una continua e crescente dipendenza dalle fonti di energia non rinnovabili, sapendo che contribuiscono al riscaldamento globale e mettono veramente in pericolo la sopravvivenza della nostra specie,

E' chiaro che il Terzo Mondo deve cercare forme di sviluppo differenti da quelle in atto nell'Occidente industrializzato. L'impiego di tecnologie con impianti accentrati, ad alto consumo energetico, dovrebbe essere scartato in favore di tecnologie su media scala, con impiego abbondante di mano d'opera e adatte a essere attuate nei villaggi. Si tratta di una nuova via verso lo sviluppo tecnologico, essenziale se si vuole invertire le migrazioni di massa dalle comunità rurali alle città squallide e sovraffollate. Sarà necessario che l'agricoltura continui a costituire la base delle società del Terzo Mondo: ricordiamo che nel quadro di sviluppo dell'ultimo decennio i Paesi arabi importano il 50% delle loro necessità alimentari e che dopo l'anno 2000 potrebbero arrivare al 75%.⁶⁸ Per questi come per altri Paesi del Terzo Mondo ogni sana politica di sviluppo dovrebbe puntare sulla costituzione di una base di sostentamento agricolo, con colture a forte impiego di lavoro e che possano fornire alla società tutti gli alimenti di cui ha bisogno.

Già esistono modelli possibili per uno sviluppo del Terzo Mondo: guardiamo alla Repubblica Popolare Cinese che, per quanto in difficoltà per una serie di problemi ambientali, si è almeno organizzata in modo da mantenere una società su base rurale e da incoraggiare le produzioni con maggiore apporto di manodopera. La società cinese non è ricca ma ha pochissimi disoccupati e vagabondi senza casa. Ancor più attenzione merita il modello economico gandhiano in India. Durante il movimento anticolonialista guidato da Gandhi, una ruota che gira spinta a mano divenne il simbolo della lotta: un semplice pezzo di tecnologia atto a portare ogni indiano, uomo o donna, al controllo più o meno esteso dei propri mezzi di sostentamento anche nel più povero o sperduto villaggio. L'economia gandhiana è in favore della campagna rispetto alle città, dell'agricoltura rispetto all'industria, delle tecnologie adatte a produzioni su piccola scala piuttosto che dell'alta tecnologia. Non potrà essere che questo insieme di scelte economiche prioritarie a portare a uno sviluppo del Terzo Mondo con possibilità di successo. Ricordiamoci però ancora una volta che anche le nazioni a più alti consumi energetici come gli Stati Uniti dovranno trovare la volontà di sopportare sacrifici.

Ridistribuzione della ricchezza nazionale

Nei prossimi decenni il costo dell'energia da fonti non rinnovabili crescerà in misura impressionante di pari passo con i costi ambientali necessari per affrontare la crisi dell'effetto serra, due fattori che stanno per mettere in seria difficoltà l'economia americana. Per la prima volta nella storia di questo Paese dovremo affrontare una questione che riguarda i fini della politica e dell'economia: la redistribuzione della ricchezza. In passato la questione è sempre rimasta in coda all'ordine del giorno dei problemi nazionali, perché in una economia in continua espansione restavano sempre sufficienti margini di reddito, o comunque surplus disponibili, per poter tacitare o comprare chi restava ai piedi della scala dei redditi. Ai primi sintomi di un riflusso dell'economia, all'inizio degli anni Novanta, la richiesta di una redistribuzione del reddito iniziò a farsi sentire da varie parti: non erano solo i più poveri ma anche la classe lavoratrice e le classi medie a propendere per una posizione comune nel richiedere di ridistribuire ricchezza e potere.

Un quinto della popolazione americana, nella fascia più alta di reddito, consumava il 40% del reddito nazionale,⁶⁹ Si trattava della classe che aveva il controllo sui meccanismi organizzativi e istituzionali e cioè in definitiva sulle linee di flusso energetico di tutta la nazione. La lotta tra questa classe e le fasce più povere della popolazione avrebbe potuto accendersi e l'esito dipendere dalla misura in cui ciascun grappo avrebbe saputo trascinare dalla sua parte il vasto settore dei ceti medi.

Il crollo della borsa del 1987 avrebbe potuto segnare la fine di uno stile di vita e di organizzazione sociale tipico degli anni

Ottanta, ma il successivo decennio di ripresa e di continua espansione economica USA ebbe l'effetto di cancellare ogni pessimistica previsione di recessione a livello mondiale precedentemente formulata. Il problema potrebbe però essere stato soltanto rinviato: quando una condizione economica peggiora, aumenta la disparità tra ricchi e poveri, obbligando una società come quella americana ad affrontare il tema della redistribuzione di ricchezza e potere. In assenza di un'equa distribuzione i lavoratori e gli emarginati rifiuteranno giustamente ogni predica sull'austerità e sui sacrifici economici esattamente come le nazioni del Terzo Mondo inveiscono contro i Paesi ricchi quando predicano loro il vangelo dei limiti.

In natura, quando un elemento di un ecosistema cresce e si moltiplica in maniera sproporzionata alla sua funzione naturale nei confronti degli altri elementi, finisce per derubare le altre forme viventi di quel tanto di entropia negativa, cioè di energia disponibile, che a loro serve per sopravvivere, e con questo mette in pericolo la continuità dell'intero ecosistema. Lo stesso avviene nella società umana: quando alcuni individui o organizzazioni prelevano per se stessi quantità esagerate di energia disponibile, il massiccio accumulo di ricchezza e di potere sottrae al resto dei membri della società l'energia che a loro serve per sopravvivere. La storia insegna che ogniqualvolta l'energia disponibile in una società, cioè la sua ricchezza, si trova così concentrata nelle mani di pochi individui o organizzazioni da impoverire e porre a rischio di sopravvivenza tutti gli altri, la società crolla o si avvia a una rivoluzione, oppure si verificano entrambe le cose. Mentre la natura può affidarsi a leggi biologiche di autoregolazione per ricostituire l'equilibrio, la società umana dovrebbe potersi affidare a principi di giustizia economica per ottenere gli stessi risultati.

La necessità di rallentare il processo entropico richiede di minimizzare i flussi energetici ma anche di redistribuire queste quantità ridotte di energia nel modo più equo possibile tra tutti i membri della società. Se i due processi non vanno avanti

contemporaneamente è improbabile che si possa mantenere l'ordine sociale esistente nel periodo di transizione verso una nuova base energetica.

Nel caso che non si verifichi una radicale redistribuzione della ricchezza, ogni discorso per la riduzione dei flussi energetici e per far fronte ai limiti biologici del nostro pianeta, comporterà che i più ricchi ricacceranno per sempre i poveri nella loro condizione di sottomissione e servitù.

Valori e istituzioni in una società entropica

In una cultura di forte crescita entropica il primo obiettivo della vita è di impiegare intensi flussi di energia per generare un'abbondanza materiale tale da poter soddisfare ogni immaginabile desiderio dell'umanità. La liberazione dell'uomo è commisurata al benessere accumulato. Si dà quindi un valore preponderante a ogni attività che trasformi l'ambiente per estrarne le ricchezze.

Eliminato Dio dalla società, il sistema di valori materialista, a forte crescita entropica, cerca di procurarci il paradiso su questa Terra e per fare questo pone l'uomo e la donna al centro dell'universo e indica come fine ultimo della nostra esistenza la soddisfazione di ogni possibile desiderio materiale, per quanto frivolo possa apparire. Abbiamo ristretto la «realtà» all'ambito di quello che può essere misurato, quantificato e sperimentato, negando così la realtà di ogni aspetto qualitativo, spirituale e metafisico. Diventa onnipresente il dualismo della mente separata dal corpo e del corpo contrapposto al mondo «circo-stante». Ci vantiamo di concetti quali il progresso materiale, l'efficienza e la specializzazione come se fossero il massimo dei valori, e nel fare questo ne abbiamo distratti altri: famiglia, comunità e tradizioni. Ci siamo lasciati alle spalle tutti gli assoluti, eccetto la nostra fede cieca nel superamento di ogni limite che si ponga al nostro agire fisico.

A questo punto la nostra visione del mondo e il nostro sistema sociale stanno cadendo vittime del loro stesso processo generatore. Ovunque si guardi, ci si accorge che l'entropia del mondo sta raggiungendo dimensioni incredibili e siamo diventati come creature che lottano per mantenersi a galla in un

caos crescente. Ci rendiamo conto di giorno in giorno di una verità che i biologi conoscono da molto tempo: un organismo non può sopravvivere a lungo immerso nei suoi stessi rifiuti.

Non possono più sussistere dubbi sul fatto che abbiamo ormai bisogno di un riordinamento istituzionale generalizzato. La nostra struttura sociale, adattatasi a flussi energetici spinti al massimo, non è più sostenibile. Le nostre istituzioni, configurate sulle attuali finalità e metodi di operare, devono essere trasformate radicalmente. Ma prima di poter iniziare anche solo a delineare quale potrebbe essere la nuova natura dell'agricoltura, dell'industria e del commercio in una società a lenta crescita entropica, bisogna rivolgere il pensiero ai principi fondamentali, quelli su cui si fondano i valori che danno significato e finalizzano la nostra vita.

Nel suo ciclo di conferenze tenute nel 1977 attraverso gli Stati Uniti, il critico di scienze sociali E.F. Schumacher ebbe a notare che la necessità più urgente per la nostra epoca è, e rimane, l'esigenza di una ristrutturazione di tipo metafisico, uno sforzo sublime per fare chiarezza nelle nostre convinzioni più intime riguardo alle domande: «Che cos'è l'uomo? Da dove viene? Qual è lo scopo della vita?»⁷⁰ Sono queste le grandi questioni sull'esistenza umana, questioni che hanno impegnato la mente di molti per centinaia d'anni. Oggi, nella nostra esistenza da ultimo minuto, non se ne discute molto e si tende a dimenticarle classificandole come «prescientifiche», in quanto non si inquadrano bene nelle belle e chiare spiegazioni dell'universo che ci offre la visione newtoniana del mondo. Ciononostante, le grandi questioni del passato sono destinate a riemergere nel mondo a lenta crescita entropica che ci attende, perché un ambiente energetico a basso incremento entropico tende a orientare in modo completamente diverso gli obiettivi dell'umanità. Il principio etico che sovrasta la visione del mondo a lenta crescita entropica è quello di ridurre al minimo i flussi energetici: l'eccessiva ricchezza materiale si considera come qualcosa che è stato sottratto in maniera irreversibile alle

preziose risorse della Terra. Nella società a lenta crescita entropica dire che «il meno diventa di più» non è la solita frase da buttare nel mucchio, diventa bensì una verità di prima grandezza. Una società a lenta crescita entropica toglie l'enfasi che oggi accompagna i consumi materiali, frugalità diventa la parola d'ordine, si saziano i bisogni ma non vi è posto per i desideri capricciosi o troppo attinenti al piacere personale, come quelli che oggi vengono coltivati in ogni supermercato.

La saggezza tradizionale, quale ci è stata tramandata da tutte le grandi religioni del mondo, ci dice da sempre che il fine ultimo della vita umana non è il soddisfacimento di tutti i desideri materiali, quanto piuttosto l'esperienza di liberazione che proviene dal diventare tutt'uno con la realtà metafisica dell'universo. Scopo finale è conoscere «la verità che ci rende liberi», scoprire chi realmente siamo, identificarsi con il principio assoluto che collega tutti gli aspetti dell'esistenza, conoscere Dio. In sanscrito tutto questo si esprime più succintamente con la frase *Tal tvam asi*: questo tu sei. Arrivare a conoscere queste cose è il vero fondamento dell'essere umano e vivere una vita in sintonia con la realtà trascendente rappresenta la forma di sviluppo dell'umanità che proviene dalla saggezza della tradizione,

I consumi ingiustificati, le proprietà e in generale l'attaccamento agli oggetti materiali sono tutte cose da evitare secondo l'insegnamento dei grandi maestri delle religioni del passato.

Coltivare e gonfiare le necessità è l'antitesi della saggezza ed è anche l'antitesi della libertà e della pace. Ogni aumento dei bisogni tende ad aumentare la dipendenza di ciascuno da forze esterne su cui non può avere possibilità di controllo e aumenta quindi l'ansia dell'esistenza. Solo con una riduzione dei bisogni si può dar luogo a un naturale indebolimento di quelle tensioni che sono in definitiva la causa delle liti e della guerra.

A questo argomento è stata sempre data somma importanza in tutta la saggezza tradizionale. L'antico mistico cristiano Meister Eckhart scrisse: «Più abbiamo e meno possediamo». Un maestro della religione Sufi veniva descritto come «colui che nulla possedeva e da nulla era posseduto». Il Mahatma Gandhi pensava che: «L'essenza della civiltà non consiste nella moltiplicazione dei desideri ma nella deliberata e volontaria rinuncia a essi».⁷¹

È importante rendersi conto che l'insegnamento religioso non vuole favorire la povertà forzata e avvilita, tanto che tutti gli insegnamenti della tradizione predicano il dovere morale e la necessità spirituale di ridistribuire la ricchezza in modo che tutti possano vivere in modo decente, quello che in realtà si suggerisce è la parsimonia, la semplicità della vita, la povertà come scelta volontaria, il senso dei limiti. Questo perché se il nostro scopo è di oltrepassare le pochezze materiali per mezzo della contemplazione del divino, il possesso e il consumo possono soltanto contribuire a ingombrarci la vita, attirando la nostra attenzione su realtà transitorie, come l'energia del mondo che costantemente si dissipa e si degrada. Più spesso che non si creda i beni che possediamo arrivano a possedere noi, ci attacchiamo a essi, abbiamo paura che ce li strappino, ci identifichiamo non con quello che siamo ma con quello che possediamo. Sta scritto nel Bhagavad-Gita: «L'uomo che pensa agli oggetti sensibili ne rimane legato, dal legame nasce una bramosia e dalla bramosia la rabbia. La rabbia genera delusione e la delusione provoca la perdita della memoria. La perdita della memoria rovina ogni capacità di discernimento e, compromessa la facoltà di discernere, l'uomo perisce».⁷² Espresso in termini più moderni si potrebbe dire: se non hai l'automobile non devi preoccuparti degli pneumatici, dei distributori, dei sensi unici e dei ladri d'auto.

In una cultura di lenta crescita entropica ci si aspetta che le persone vivano una vita più frugale, più spartana. I consumi non dovrebbero più essere visti come il fine dell'esistenza

umana e dovrebbero tornare alla loro naturale funzione biologica: nell'era futura, meno avremo bisogno di produzioni e consumi per mantenere una vita sana e dignitosa e meglio sarà.

Le culture della lenta crescita entropica e della forte crescita entropica si distinguono anche nel loro atteggiamento verso il lavoro e la, produzione. In un ambiente configurato per le alte energie, il lavoro fisico dell'uomo non ha un vero valore e pertanto l'obiettivo del sistema è quello di portare al massimo i flussi energetici, automatizzando tutti i passaggi dei processi produttivi ed eliminando così l'intervento umano: la produttività e la crescita diventano quindi l'unico scopo dell'attività economica. Dove non si può fare a meno di coinvolgere gli esseri umani nella produzione di beni e servizi, si impiega un'organizzazione scientifica del lavoro per togliere ogni residua creatività e ogni potere decisionale all'individuo mediante precise normative che riguardano tutte le metodologie del processo produttivo. Il lavoro, e specialmente il lavoro fisico, è considerato demotivante e da evitare. Abbiamo una società piena di apparecchiature per «risparmiare lavoro», fatte in modo da poter sottrarre alle mani dell'uomo qualsiasi ruolo lavorativo. Le scale retributive rispecchiano questo nostro atteggiamento: chi fatica di braccia e di schiena si trova quasi ovunque ai gradini più bassi, mentre al vertice si trovano le funzioni direttive che passano il loro tempo lavorando dietro una scrivania.

In uno schema di società moderna il lavoro è considerato un male necessario, un carico da sopportare per guadagnare il denaro che ci permetterà di fare quello che in realtà ci piace. Quando qualcuno vince al lotto una forte somma, la prima domanda che' gli fanno i giornalisti è: «Lascerai il lavoro, adesso che sei ricco?» E restano costernati se vedono che colui che ha incassato la vincita toma al suo lavoro. Ben difficilmente poi ci preoccupiamo di quello che si produce: l'unica linea guida resta «di più è meglio». Nessuno si sente responsabile in

merito al- fatto che un certo prodotto si debba fare o no: fin quando si trova un mercato si fornisce l'articolo. E la società si trova inondata da una pletora di prodotti che avvelenano l'aria e di medicine che avvelenano il corpo.

Mentre la concezione industriale vede il fine della produzione nei consumi e il lavoro semplicemente come un mezzo per raggiungere tale scopo, in una società a lenta crescita entropica il lavoro diventa una componente essenziale per raggiungere una più chiara coscienza di sé. In una società a forte crescita entropica il lavoro segue le regole secolari: è regolato dall'orologio e dalla quantità di prodotto, è considerato un peso perché non ha nessun significato trascendente. In una società a lenta crescita entropica la fatica fisica sarebbe santificata come qualsiasi altra attività che ci aiutasse a «conoscere chi siamo in realtà». Esiste quindi un valore positivo intrinseco al lavoro. E.F. Schumacher, nel suo saggio *Buddhist Economy*, insegna che questo valore è triplice: «dare all'uomo una possibilità di utilizzare e sviluppare le sue facoltà; metterlo in condizione di superare il suo egocentrismo unendolo ad altri in un'impresa comune; e infine, produrre i beni e i servizi necessari a una esistenza adeguata».⁷³

Nella cultura di una lenta crescita entropica il lavoro è inteso come un'attività necessaria all'equilibrio vitale, alla pari del sonno, della contemplazione e del gioco: l'uomo senza lavoro è incompleto. Chi è ossessionato dall'evitare la fatica e da una continua ricerca di tempo libero non potrà comprendere la vera natura del reale, come non la comprende chi si perde nella giungla di illusioni provenienti dall'attaccamento ai beni di consumo e al loro possesso.

Ovviamente non ogni tipo di lavoro è da considerarsi adatto all'obiettivo preposto, deve essere un lavoro configurato in primo luogo per dare dignità e per motivare il lavoratore. Il lavoro deve avere una dimensione umana e un certo tipo di organizzazione che «offra a una persona l'opportunità di utilizzare e sviluppare le sue' capacità». Questo vuol dire in pra-

tica che il tipo di tecnologia impiegata diventa una scelta critica sia in senso termodinamico sia in senso metafisico. La legge dell'entropia ci insegna che più grandi sono gli strumenti di lavoro, le macchine, le fabbriche, e più intensa è l'energia che impiegano e il capitale investito, più tutto questo accumula entropia. La scala su cui sono dimensionati gli strumenti di lavoro è importante anche dal punto di vista metafisico, nel senso che più grandi e accentrati essi diventano, tanto più la funzione dell'essere umano si riduce a un semplice fattore aggiuntivo della produzione. Per esempio, in una catena di montaggio di automobili i lavoratori devono semplicemente fare quello che la macchina «richiede», perché il processo produttivo è impostato sulla macchina, non sull'individuo. L'essere umano perde importanza nel processo lavorativo e come conseguenza diminuisce anche la sua capacità di autosufficienza, il lavoratore dipende cioè dalla macchina per la sopravvivenza.

La stessa importanza che hanno il tipo e le dimensioni dell'apparato tecnologico va attribuita all'organizzazione e al governo dell'impresa. Abbiamo visto come la specializzazione di ogni posto di lavoro sia il prodotto di un'economia a forte crescita entropica: le tecniche di una direzione scientifica» la separazione sistematica di pensiero e azione» di concezione ed esecuzione» sono state pensate per portare al massimo la produttività trasformando i lavoratori in automi non pensanti. Ancora una volta vediamo che il lavoro in sé non è valorizzato, solo il prodotto ha valore.

L'organizzazione gerarchica del lavoro sottrae all'individuo una possibilità in più di unirsi con i suoi compagni per prendere decisioni comuni e sviluppare la sua professionalità. Senza la possibilità di unirsi agli altri per valutare insieme a loro il proprio potenziale creativo, ogni individuo è obbligato a stare in un guscio dove non ha diritti, se non insignificanti, né responsabilità inerenti al suo lavoro. Tutto quello che gli viene lasciato è la sua mansione: un posto dove guadagnarsi la paga e

degradare l'ambiente, ruolo a cui deve sottomettersi per otto ore al giorno.

Per quanto riguarda il governare, sia in economia sia in politica, una cultura di lenta crescita entropica mette in risalto il concetto che «meglio governa chi meno governa». Le democrazie popolari sono preferite alle regole dettate da pochi e si preferiscono le organizzazioni economiche in cui ogni persona possa dare egual peso e voce alle questioni che riguardano la sua vita, sia sul posto di lavoro sia nella comunità. Le imprese autogestite dai lavoratori e le piccole città-stato a conduzione democratica sono le strutture economiche e politiche più adatte. La democrazia partecipata e decentralizzata non solo è preferibile per ragioni morali o filosofiche, ma anche perché richiede valori minimi di energia e, di conseguenza, riduce l'accumularsi del disordine.

Come abbiamo visto più volte e ancora ripetiamo, le organizzazioni economiche e politiche fortemente accentrate si limitano ad accrescere l'intensità delle correnti energetiche e a creare disordini, e non possono trovare posto in una cultura entropica basata su flussi limitati di risorse energetiche rinnovabili.

Il concetto di proprietà privata non è incompatibile con una cultura di lenta crescita entropica se si limita ai beni e servizi di uso comune e alle proprietà che servono alla vita della famiglia, ma non sarà più accettabile quando riguarda grandi porzioni di territorio e di altre risorse rinnovabili o meno. La pratica da sempre accettata dello sfruttamento privato di proprietà «naturali» dev'essere sostituita dal concetto di custodia di pubblico interesse. Il credo ortodosso dell'economia dice che l'interesse individuale di ciascuno messo insieme agli interessi individuali di tutti gli altri favorisce il bene di tutta la comunità: questa visione è guardata con sospetto, o meglio, appare chiaramente ridicola. È vero che i diritti individuali vanno difesi, ma non possono più essere giudicati come l'unico punto di riferimento per giudicare una società. Ancora una volta,

sono piuttosto i concetti di pubblico dovere e responsabilità comune a farsi strada come motivo dominante di tutta la società, come del resto è avvenuto per gran parte della storia.

In una società a lenta crescita entropica l'immagine moderna di uomini e donne astratti dai meccanismi dell'ecosistema, lascia il posto alla comprensione, di tipo postmoderno, di quanto tutti i fenomeni siano correlati. La cultura di lenta crescita entropica mette in risalto l'uomo e la donna come parte della natura e non da un'altra parte rispetto alla natura. La natura stessa non sarà più uno strumento da manipolare ma una sorgente di vita da conservare integra in tutti i suoi meccanismi. Una volta che si sia ben capito che gli esseri umani sono parte integrante della natura diventa possibile stabilire una base etica per giudicare la conformità di tutte le azioni umane. Per esempio, una società a lenta crescita entropica considererebbe indecente qualsiasi politica economica che contribuisse alla distruzione di un'altra specie: ogni specie dev'essere conservata semplicemente perché esiste e di conseguenza ha un intrinseco e inalienabile diritto alla vita. Il primo principio dell'ecologia ci insegna che «ogni cosa è correlata a ogni altra cosa» e quindi la distruzione anche di un solo elemento della natura può ripercuotersi su tutti gli altri, esseri umani inclusi.

In una società a lenta crescita entropica il concetto di «conquistare la natura» si sostituisce con quello di «vivere in armonia con tutte le altre creature e con l'ambiente nel suo insieme». Ogni persona umana ha la responsabilità di conservare, per quanto possibile, la natura, in modo che quelli che devono ancora nascere, persone o altri esseri viventi, possano godere la vita in quello che sarà il loro tempo.

Tutti i grandi maestri di saggezza della tradizione hanno adottato i valori di una vita a basso profilo entropico. Buddha, Gesù, Maometto, i profeti di Israele e i *mahatma* dell'India, hanno tutti vissuto una vita esemplare per semplicità, scelta di povertà e condivisione dei beni e il loro insegnamento ha

sempre proposto valori consimili per tutto il resto della società. Nel nostro stesso secolo Mohandas Gandhi ha creato un intero movimento di liberazione basato su un sistema di valori di lenta crescita entropica.

Ancora al di là di tutto questo, la visione del mondo a lenta crescita entropica ci fa riconoscere i limiti fisici che ci stanno davanti, i limiti delle risorse del nostro pianeta e i limiti che dobbiamo porre all'impiego delle tecnologie.

Ci troviamo oggi sulla cresta di uno spartiacque entropico di portata storica. Quando avrà inizio la transizione dall'era delle risorse non rinnovabili all'era solare dovremo sopportare ben più di un semplice cambiamento della qualità e della quantità di energia che siamo avvezzi a usare. Il trapasso da un sistema a forte crescita entropica a uno a lenta crescita entropica trasformerà i nostri valori, la nostra cultura, l'economia e le istituzioni politiche come pure la nostra vita quotidiana. Vi sono già tra di noi alcuni precursori di così vasti cambiamenti. Per quanto possano sembrare segnali isolati e a volte contraddittori, milioni di persone hanno già iniziato a condurre una vita in linea con l'avvicinarsi dello spartiacque entropico. In una relazione del 1976, preparata dallo Stanford Research Institute, è riportata una stima di quattro o cinque milioni di americani adulti che avevano già deciso di ridurre drasticamente le loro entrate e di uscire dal circuito consumistico dell'economia industriale, a forte crescita entropica, del quale avevano fatto parte fino a quel momento. Si tratta di persone che avevano intrapreso quella che potremmo definire nel modo migliore «scelta di semplicità», cioè un tipo di esistenza a lenta crescita entropica basata su consumi frugali e su una predominante attenzione alla propria crescita interiore, superamento del materialismo e sempre maggiore coscienza ecologica. Secondo la ricerca dello stesso SRI, da otto a dieci milioni di altri americani avrebbero già parzialmente adottato uno stile analogo di vita semplice.⁷⁴

Anche persone che hanno sposato in pieno l'idea di uno stile consumistico, industriale e urbanizzato stanno immettendo nella loro vita dei cambiamenti di abitudini che sembrano riflettere l'avvicinarsi della crisi entropica. Che sia per necessità o per scelta, si tratta di cambiamenti nello stile di vita che costituiscono altrettanti passi verso l'instaurarsi della nuova visione del mondo. Guardiamo alcuni piccoli ma numerosi esempi: un aumento significativo dei giardini nelle aree urbane, i mercatini di vendita diretta dei contadini che riaprono con successo in varie città, l'uso di stufe a legna, un articolo che sembrava una novità pochi anni or sono e che ora si vende più in fretta di quanto se ne produca, la crescita vertiginosa nella vendita di biciclette, un veicolo che diventa un'importante alternativa agli spostamenti in auto, il moltiplicarsi degli studi di architettura a orientamento ecologico che progettano case solari a riscaldamento passivo, gruppi industriali per le tecnologie alternative che sorgono qua e là per il Paese, imprese artigiane che spuntano come funghi e infine il movimento per la prevenzione e la difesa della salute che sta prendendo piede. Si tratta in ogni caso solo di frammenti di un nuovo ordine mondiale, ma sono frammenti che segnano la via.

Sarebbe fuorviante d'altronde dare troppo significato a questi segni di speranza. La transizione verso l'era solare non si compirà in modo indolore, perché la nostra società è stata progettata in modo da funzionare al massimo livello di flusso energetico e sovrapporre all'ambiente attuale un ambiente energetico nuovo vorrebbe dire lacerare il nostro tessuto vitale. Un periodo di sacrifici e di duro lavoro ci aspetta per tutta l'epoca della transizione finché il cambiamento non sarà compiuto. A proposito di un altro impero e di un'altra epoca, C.W. Hollister, professore di storia medioevale dell'Università della California in Santa Barbara, scriveva: «La caduta di Roma portò con sé disorganizzazione e inciviltà, ma diede all'Europa la possibilità di ricominciare da capo, di sfuggire da norme, usi e costumi ormai vecchi e senza vita, di liberarsi dalla prigione

soffocante che l'impero romano stava diventando. La vita in quella specie di Far West che era l'epoca post-romana era diventata pericolosa, intessuta di ignoranza, sporcizia e insicurezza, ma questo è stato il prezzo da pagare per una rinascita. I periodi del cambiamento raramente sono gradevoli». ⁷⁵

Quando puntiamo lo sguardo in avanti verso il futuro e verso l'ordine che si avvia a emergere, siamo naturalmente ansiosi di vedere come sarà strutturata la nostra società e come cambieranno le nostre vite, È ovvio che non possiamo prevedere tutti i particolari, così come Bacon, Locke e Adam Smith non poterono prevedere come sarebbero state utilizzate le loro filosofie a distanza di centinaia d'anni, nella moderna società tecnologica dell'America del Ventesimo secolo. Possiamo però utilizzare i principi generali del paradigma della lenta crescita entropica e prevedere uno schema alquanto semplificato degli imponenti cambiamenti sociali che ci aspettano. Nell'era solare la struttura agricola si convertirà in una struttura di piccole aziende a coltivazione biologica. Le colture biologiche non usano fertilizzanti chimici né fitofarmaci, ma si basano sui concimi naturali e sui nemici naturali dei parassiti. Esistono studi comparativi sui metodi di coltivazione biologici in confronto a quelli chimici, studi che dimostrano che, con una resa per ettaro quasi identica, l'agricoltura biologica usa due terzi in meno di energia. Nelle coltivazioni biologiche si impiegano due chilowattora di energia per un dollaro di prodotto, dove una coltivazione tradizionale ne impiega più di cinque. Un altro studio ha mostrato che il costo medio per ettaro delle coltivazioni fortemente meccanizzate che impiegano dosi massicce di fertilizzanti chimici e fitofarmaci è di 116 dollari, mentre è di soli 75 dollari dove si utilizzano metodi biologici. ⁷⁶ Quando il costo dell'energia comincerà a impennarsi, nei prossimi anni, le coltivazioni biologiche si riveleranno come un'alternativa ancor più praticabile, senza considerare che una coltivazione biologica produce raccolti di

maggior valore nutritivo e crea meno inquinamento nell'ambiente.

Passare completamente dall'agricoltura chimica a quella biologica sarà una delle maggiori sfide dei prossimi decenni. Abbiamo già ricordato che i fertilizzanti chimici usati nell'agricoltura della rivoluzione verde emettono N_2O , uno dei principali gas serra che inquinano l'atmosfera del pianeta. Si dovrebbero finanziare nuovi programmi di ricerca per trovare alternative ai fertilizzanti chimici, con l'obiettivo di un'agricoltura sostenibile. Purtroppo il United States Department of Agriculture (dipartimento per l'Agricoltura) ha eliminato anche il modesto programma pilota di agricoltura biologica esistente nei primi anni Ottanta e soltanto negli anni Novanta ha dato inizio senza entusiasmo a un nuovo programma, dopo che il Congresso lo ha obbligato con una legge.

In tutto il mondo i ricercatori stanno attivamente studiando per trovare piante adatte a fissare l'azoto con buone rese, tanto da poter essere usate per arricchire i terreni e diminuire la dipendenza dai fertilizzanti chimici sintetici. Agricoltori asiatici stanno facendo esperimenti con un'alga verde-azzurra che vive in simbiosi con la felce *Azolla microphylla*. I contadini filippini che hanno fatto crescere l'*azolla microphylla* nelle loro risaie sono riusciti a ridurre del 50% la necessità di ricorrere a fertilizzanti, senza con questo danneggiare le loro rese.⁷⁷ In Nigeria, l'International Institute of Tropical Agriculture (Istituto internazionale per l'agricoltura tropicale) sta provando un arbusto che vive spontaneo in Africa, la *Sebania rostrata*, come potenziale fonte di azoto per arricchire il terreno naturale.⁷⁸ In tutta l'Africa occidentale da sempre i contadini piantano filari di *Acacia albida* al bordo dei loro campi di sorgo e di miglio, per arricchire di azoto il terreno.⁷⁹

In Kansas, il Land Institute di Salina sperimenta invece la permacoltura, una forma di agricoltura basata sulla coltivazione

di vari tipi di piante erbacee, girasoli, leguminose e cereali, tutti insieme nello stesso campo, invece di coltivare le specie separate. Secondo il fondatore dell'istituto, Wes Lackson, ci si avvicinerebbe alle condizioni della prateria naturale, un ambiente dove si trova una grande varietà di piante che vegetano insieme rigogliosamente sopportando variazioni climatiche estreme, dalla siccità alle inondazioni, dal caldo più intenso al freddo. Il suolo della prateria ha inoltre una grande capacità di conservare l'acqua e di fare da supporto alle sostanze nutritive. I ricercatori del Land Institute coltivano insieme le specie locali come il bundle flower dell'Illinois (*Desmanthus illinoensis*), il girasole (varietà *maximilian*), senna, sorgo e legumi tradizionali.

Il *bundle flower*, un legume, è ricco di proteine ed è capace di ricavare l'azoto dall'atmosfera per dar luogo a una naturale fertilizzazione del suolo. I legumi e le piante erbacee producono un diffuso reticolo di radici e si dimostrano resistenti alla siccità. Tutte le piante sono resistenti alle malattie e hanno mostrato di poter dare buone rese in semi.⁸⁰

In questi tentativi di avvicinarsi, portando nuovi contenuti, a quella che potremmo chiamare agricoltura postmoderna, si cerca di combinare le vecchie pratiche agricole, quasi tutte abbandonate durante il breve splendore della rivoluzione verde, con le nuove sofisticate tecniche di sperimentazione ecologica. Utilizzando le conoscenze della tradizionale cultura contadina insieme agli ultimi sviluppi delle scienze ecologiche diventa possibile formulare programmi di sviluppo per una agricoltura autorigenerante che aiuti il mondo a staccarsi gradualmente dalla tendenza attuale, che è di estendere ancora di più le pratiche agricole su base petrolchimica.

Fare sempre più affidamento sulle piante che fissano l'azoto, dare maggiore importanza alla concimazione organica e al compostaggio e sperimentare alternative agricole completamente nuove come la permacoltura, porterà a

migliorare in modo sensibile la qualità del suolo e offrirà un'alternativa sostenibile all'apporto di energia petrolchimica.

La tendenza al riscaldamento globale fornisce inoltre un motivo di rinnovato interesse verso le nuove specie di piante e di fonti alimentari in genere, che possano adattarsi a condizioni atmosferiche nettamente diverse. Gli antropologi hanno identificato oltre tremila specie di piante utilizzate come fonte di cibo dalle culture che si sono succedute nel corso della storia, ma oggi le specie importanti, su cui le popolazioni fanno affidamento, sono soltanto sedici.⁸¹ Molte delle varietà utilizzate richiedono abbondanti irrigazioni, fonti di energia esterna e crescono solo in una fascia climatica ristretta, tanto che il radicale cambiamento delle condizioni climatiche, in particolare alle medie latitudini, rischia di compromettere seriamente i raccolti e la stessa sopravvivenza di queste specie ormai entrate nella tradizione. Gli istituti di ricerca per l'agricoltura stanno facendo ricerche su specie alimentari alternative in grado di continuare a vivere anche quando le condizioni climatiche subiscono profondi cambiamenti. In Pennsylvania il Rodale Research Center ha sperimentato alcune varietà di piante da seme del genere *Amaranthus*, piante resistenti alla siccità» originarie del continente americano, che costituivano il principale alimento dagli antichi aztechi del Messico.⁸²

Avvicinandosi l'era solare» le grandi aziende agricole accentrate saranno via via sostituite in tutti gli Stati Uniti da coltivazioni biologiche locali su piccola scala. Il costo dell'energia necessaria a trasportare i prodotti attraverso tutto il Paese per raggiungere mercati lontani» presto diventerà così alto che le coltivazioni regionali e locali» in alcuni casi» si riveleranno un'alternativa economica conveniente. I mercati dei contadini» un tempo diffusi nelle piccole e grandi città americane, stanno tornando in auge: produttori e consumatori schiacciati dai costi degli intermediari delle lavorazioni alimentari cominciano a cercare di incontrarsi direttamente.

La vita urbana non scomparirà certamente con l'avvento dell'era solare, ma il regno delle megalopoli dovrà finire. Le «grandi» città dovranno gradualmente diminuire il numero di abitanti fino a una dimensione preindustriale dell'ordine di centomila abitanti. La dimensione forzosamente piccola sarà commisurata alla capacità dell'ambiente circostante di produrre cibo ed energia solare. Inoltre, come dimostrano numerose ricerche in anni recenti, quando un centro urbano supera i centomila residenti le situazioni di disordine aumentano in modo preoccupante: come abbiamo già visto le grandi città risultano esageratamente costose da gestire e presentano una più alta incidenza di criminalità, malattie mentali, inquinamento e altre forme di disordine. A parte questo, nell'era solare le grandi città rappresenterebbero semplicemente un pozzo senza fondo di risorse ormai preziose.

Con le città più piccole anche il sistema dei trasporti si avvia a dover essere largamente ristrutturato negli anni a venire: gli alti costi dell'energia ci obbligheranno a una decisa virata nella scelta dei mezzi di trasporto, passando dall'auto individuale e dai camion ai mezzi pubblici e alle ferrovie sulle lunghe distanze.

L'uso della bicicletta sta diventando un modo di spostarsi sempre più popolare. Tra il 1978 e il 1988 il numero dei pendolari in bicicletta, negli Stati Uniti, è quadruplicato. Gli esperti di trasporti affermano che se i comuni creassero piste ciclabili sicure ai margini delle strade ordinarie e permettessero ai pendolari di viaggiare con la loro bicicletta su treni e autobus» la bicicletta costituirebbe un'alternativa vantaggiosa per milioni di americani come già avviene in altre nazioni quali la Cina, l'Olanda e la Svezia. In molte città si comincia a prestare molta attenzione al problema dei pendolari in bicicletta, A Santa Barbara oltre 40.000 ciclisti all'anno usano un sistema speciale di autobus con carrello e più del 30% di essi sono passati dall'auto alla bicicletta proprio quando è diventato

disponibile l'autobus con carrello che ha permesso loro di percorrere una distanza maggiore. Predisponendo parcheggi per biciclette in prossimità delle fermate dei mezzi pubblici si incoraggeranno altri pendolari a usare la bicicletta e il mezzo pubblico invece di dover dipendere esclusivamente dall'automobile.

La vita sociale e quella economica cambieranno radicalmente se muterà la struttura dei trasporti. Meno tempo libero verrà speso negli spostamenti e più tempo si potrà passare vicino a casa. Le sedi aziendali si sposteranno più frequentemente a breve distanza da dove si trova disponibilità di personale.

I pianificatori del territorio e delle comunità hanno preso a tener conto anche dell'esigenza di nuovi modelli commerciali e residenziali, cioè modi di lavorare e di abitare, in accordo con uno stile di vita a basso profilo entropico. La città «neo-tradizionale» è diventata un nuovo prototipo di sviluppo in cittadine come Seaside e Charleston Place in Florida o Mashpee Commons e Cape Cod, in Massachusetts. Gli stessi pianificatori hanno iniziato copiando molte delle caratteristiche più importanti di alcune città del Diciannovesimo secolo per restaurare i quartieri esistenti e costruirne di nuovi. Il movimento «neo-tradizionalista» si basa sull'idea di integrare uffici, negozi e abitazioni in aree ristrette, permettendo alla popolazione di vivere, lavorare e socializzare in un ambiente che identifica automaticamente i propri confini. Si tratta di un movimento in netta opposizione con la politica urbanistica imperante nei trent'anni che seguirono la seconda guerra mondiale, quando urbanisti e architetti si davano da fare per separare case, uffici e negozi in altrettanti sobborghi sparsi nel territorio, riservando il corpo cittadino ai grandi centri direzionali e commerciali collegati solo da autostrade. Nel numero di marzo 1988 di «Atlantic Monthly», Philip Langdon riassume il messaggio di questo movimento facendo notare come molte famiglie americane non fossero più in grado di

disporre del tempo richiesto dalla cultura dell'autostrada: paraurti su paraurti, per ore al giorno. Come conseguenza molte persone erano alla ricerca di comunità dove i piccoli piaceri della vita potessero essere gustati a distanze percorribili a piedi da casa propria, come in un villaggio costruito a misura delle necessità umane.

Per adeguarsi alle caratteristiche di un'economia a lenta crescita entropica, un'economia cioè del necessario e non del lusso o delle cose inutili, il mondo della produzione dovrà puntare sui beni necessari a mantenere la vita. Per renderci conto della misura in cui potrebbe diminuire la produzione attuale, non abbiamo che fare un giro in uno dei centri commerciali dei dintorni e chiederci: «Quanti di questi prodotti servono, anche solo marginalmente, per aiutare la vita»? Una valutazione onesta ci porterà sicuramente a concludere che la maggior parte delle cose che vengono prodotte dalla nostra economia sono semplicemente superflue.

Le produzioni da mantenere dovrebbero restare entro certe linee-guida se vogliamo essere in accordo con il paradigma della lenta crescita entropica. In primo luogo le produzioni dovrebbero essere decentrate e localizzate, in secondo luogo le aziende dovrebbero essere organizzate democraticamente e dirette dai lavoratori, la terza condizione è che la produzione renda minimo l'impiego di risorse non rinnovabili. Tutti questi punti sono coerenti con le esigenze etiche ed energetiche di una visione del mondo entropica. È ovvio che per seguire queste linee-guida certi articoli non si potranno assolutamente produrre ed è appunto questa nuova etica che si dovrà usare come cartina di tornasole per capire cosa si potrà produrre in una società di basso profilo entropico e cosa invece no. Se non si può fabbricare localmente, con il lavoro della comunità, usando risorse e tecnologie facilmente disponibili, è molto probabile che non sia necessario produrre l'articolo in questione.

L'uso stesso delle tecnologie cambierà completamente nel futuro. Una volta assodato che ogni tecnologia è essenzialmente uno strumento che converte energia da uno stato utilizzabile a uno non più utilizzabile e che dovrà essere uno strumento che dà luogo a deboli incrementi entropici, arriveremo a capire che meno useremo tecnologie complesse ad alta intensità energetica, meglio ne usciremo.

Le tecnologie dei grandi impianti, ad alta intensità energetica, forti investimenti e produzioni accentrate non potranno sussistere in una società a lenta crescita entropica che dovrà invece favorire le cosiddette tecnologie appropriate o intermedie. Lo scrittore futurologo Sam Love definisce appropriata una tecnologia quando «è generata localmente, favorisce l'impiego di manodopera, tende a delocalizzarsi, può essere riparata, si alimenta con energia rinnovabile, rispetta l'ambiente e aiuta lo sviluppo della comunità».⁸³ E.F. Schumacher, indicato come padre del movimento per le tecnologie intermedie, dice che una forma di tecnologia di questo tipo, a lenta crescita entropica è «molto superiori alla tecnologia primitiva delle epoche passate ma, nello stesso tempo, molto più semplice, economica, e libera della supertecnologia dei ricchi. Si potrebbe chiamarla tecnologia di autoassistenza o tecnologia democratica, o del popolo: una tecnologia a cui tutti possono avere accesso e che non è riservata a chi è già ricco e potente».⁸⁴

E infine bisogna dire che l'era di lenta crescita entropica alla quale siamo avviati richiederà che si riduca fortemente la popolazione mondiale. Possiamo capire l'aumento esplosivo della popolazione solo ragionando in termini termodinamici. Immaginatevi il nostro mondo come doveva essere in origine, prima che la vita cominciasse a svilupparsi ed evolversi: un pianeta coperto dai mari, con montagne e vallate. A un certo punto, tre miliardi di anni or sono, la vita ebbe inizio, crescendo letteralmente sulle riserve energetiche contenute nella Terra e irradiate dal Sole. L'*Homo sapiens* comparve sulla

Terra circa tre milioni di anni or sono e, come tutte le altre forme di vita, iniziò il suo sostentamento basandosi su energie rinnovabili e quindi, in definitiva, sul Sole. Poiché la vita si fondava su questo flusso diffuso di energia solare, il numero totale di esseri viventi che riuscivano a mantenersi rimaneva relativamente basso. La densità di popolazione cresceva lentamente, tanto che ci volle tutto il periodo di esistenza della specie umana, fino circa all'anno 1800, per raggiungere il primo miliardo.

Da quel momento in poi l'esplosione divenne una realtà. Come abbiamo visto, il secondo miliardo di esseri umani si raggiunse in soli cento anni e il terzo miliardo in trent'anni: dal 1930 al 1960. Il quarto miliardo ha richiesto quindici anni e, con la velocità attuale di crescita, la popolazione mondiale potrebbe raddoppiare ancora, fino a otto miliardi intorno al 2015 e a sedici miliardi nel 2055. L'aumento esplosivo di popolazione corrisponde esattamente al passaggio da una economia agricola, basata sull'energia solare, a una società industrializzata basata sull'estrazione di riserve non rinnovabili di energia dal capitale della Terra. In altri termini» non sono solo i nostri palazzi, le automobili e tutti gli altri prodotti della nostra civiltà a essere cresciuti sui combustibili fossili e su altre risorse non rinnovabili: in un certo senso i cinque miliardi di persone in più sulla Terra hanno avuto la possibilità di crescere grazie alla conversione dell'energia solare immagazzinata per migliaia di anni. Non sorprende dunque che l'era industriale delle risorse non rinnovabili, che comprende meno dello 0,02% della durata della storia dell'umanità, abbia visto «l'80% dell'incremento nel numero degli esseri umani verificarsi nello stesso periodo».⁸⁵

Le implicazioni termodinamiche dell'aumento di popolazione sono sconvolgenti. Nell'età preindustriale la capacità del mondo era di un miliardo di persone soltanto e anche a quel livello le risorse mondiali erano sfrattate all'osso. In seguito, grazie ai flussi energetici elevati provenienti dalle

riserve di risorse non rinnovabili, altri quattro miliardi di persone hanno potuto aggiungersi al carico mondiale, persone che non avrebbero potuto essere mantenute se non vi fosse stata tutta quella disponibilità energetica. Come abbiamo visto però, i limiti delle risorse del pianeta fanno sì che risulterà impossibile prolungare ancora per molto tempo il flusso energetico degli ultimi duecento anni. Per questa ragione è essenziale che il mondo intraprenda con rinnovato vigore un serio programma per ridurre la popolazione della Terra nei prossimi decenni. Il mondo deve ritornare a un livello di popolazione sostenibile in un'era solare.

Sul fatto che la popolazione debba diminuire non sussistono dubbi, la questione è: come? Vi sono state molte proposte in materia: permettere ai genitori di avere non più di due bambini; modificare le leggi fiscali nel senso che chi ha già bambini sia penalizzato a ogni nuova nascita; azioni di forza come quella in cui si sterilizzarono undici milioni di indiani sotto il governo di Indira Gandhi, Sono tutti programmi a dir poco disgustosi, in quanto imposti alla persona dal di fuori, da parte della società. L'unica alternativa possibile è che il paradigma entropico venga pienamente interiorizzato, in modo che ognuno di noi voglia responsabilmente contribuire a limitare la popolazione e reprima il desiderio individuale di avere bambini. Quando avremo compreso fino in fondo che ogni bambino che mettiamo al mondo è un carico sulle spalle delle generazioni future, perché nega loro una parte delle risorse che potrebbero sostenere la loro vita, saremo riusciti a comporre un quadro di valori che ci condurrà a un programma di controllo della popolazione a contenuto umano.

Per molti americani qualsiasi discorso sul controllo della popolazione evoca visioni malthusiane dell'India e delle altre nazioni sovrappopolate del Terzo Mondo. E' urgente, beninteso, che i Paesi più poveri facciano qualcosa per ridurre il numero degli abitanti, ma guardiamoci dal credere che il problema della sovrappopolazione sia una malattia endemica

del Terzo Mondo: ricordiamoci che non è solo il numero di persone fisicamente esistenti che conta, ma anche la quantità di energia consumata da ciascuna di esse. Come abbiamo visto in precedenza, negli Stati Uniti si usano le risorse energetiche della Terra in una quantità che sarebbe sufficiente per 22 miliardi di abitanti. Una mappa delle popolazioni del pianeta che non riportasse solo il numero di esseri umani ma anche i consumi di energia, mostrerebbe che i maggiori problemi di popolazione, in termini di esaurimento di risorse energetiche, si verificano proprio negli Stati Uniti. Noi americani pertanto non solo dobbiamo cercare di limitare in assoluto il numero di individui nel nostro Paese ma anche limitare drasticamente i nostri consumi energetici.

La nostra rassegna che mette a confronto sistemi sociali a forte crescita entropica e a lenta crescita entropica potrebbe andare avanti a lungo. Già da questa breve panoramica sulla natura della società entropica che sta emergendo, dovrebbe apparire chiaro che sono in arrivo importanti trasformazioni. Dal nostro punto di vista i cambiamenti che ci aspettano possono apparire poco attraenti. Guardiamoli bene: la maggior parte di noi, avendo vissuto un'epoca di abbondanza materiale senza eguali, e indottrinati dalla scuola, dalla televisione e dalla pubblicità, siamo diventati tutti, chi più chi meno, edonisti. Nicholas Georgescu-Roegen si chiede se riusciremo a uscire dalla nostra attuale visione del mondo:

Presterà mai orecchio l'umanità a qualsiasi progetto che implichi una stretta al continuo apporto di benessere che ci viene dalle cose? Forse il destino dell'uomo è di avere un'esistenza breve, ma ardente» eccitante e stravagante, piuttosto che una lunga vita monotona e vegetativa. Siano altre specie, per esempio le amebe che non hanno ambizioni spirituali, a ereditare una Terra ancora immersa nella ricchezza dei raggi del sole.

Se l'impresa di cui abbiamo parlato sembra impossibile da compiere, è solo perché continuiamo a guardare con occhio newtoniano le cose da fare. La nostra attuale visione del mondo non può darci né la fiducia né l'entusiasmo necessari a superare le crisi storiche del tempo presente, perché è ancora legata all'ambiente energetico esistente. Soltanto il paradigma dell'entropia ci può dare una falce abbastanza affilata per tagliare via il groviglio di detriti di questa cultura della morte e abbastanza larga da aprire il cammino per l'instaurarsi di una nuova era.

Soltanto dopo aver rivisitato alcuni dei vecchi schemi di pensiero e di comportamento e avere assunto la nuova visione entropica del mondo» saremo pronti ad andare avanti e riformulare la nostra cultura. Il nuovo ordine delle epoche che verranno deve iniziare con una rivoluzione nella scienza, nell'istruzione e nella religione. In ognuno di questi campi le vecchie strutture meccanicistiche vanno ridimensionate e sostituite da nuove strutture modellate secondo le esigenze del secondo principio della termodinamica.

Riformulare la scienza

È un fatto curioso che, proprio quando l'uomo della strada comincia a credere ciecamente nella scienza, l'uomo del laboratorio comincia a perdere la sua fede. Quand'ero giovane, il maggior numero dei fisici non aveva il minimo dubbio che le leggi della fisica ci dessero reali informazioni sui moti dei corpi, e che il mondo fisico realmente consistesse di quelle entità che appaiono nelle equazioni dei fisici.⁸⁷

Sono parole scritte da Bertrand Russell. Se tutta la gente conoscesse quello che oggi conoscono i fisici, il paradigma meccanicistico del mondo crollerebbe. I postulati della fisica classica, sui quali abbiamo basato con fiducia l'organizzazione di tutta la nostra vita, si stanno dimostrando ampiamente ingannevoli: è quanto affermano gli scienziati del giorno d'oggi.

Prendiamo come esempio il primo concetto introdotto da Bacone e Cartesio: il mondo può essere compreso, e poi organizzato, con «metodo scientifico». Questo a sua volta vuol dire separare le cose in soggetti e oggetti e questi ultimi potrebbero essere misurati con precisione e descritti quantitativamente da formule matematiche. La teoria quantistica contraddice questa premessa troppo semplificativa. Già nei primi anni del Ventesimo secolo gli scienziati presero a scrutare sempre più a fondo nel microcosmo della vita, cercando di localizzare, isolare e misurare le particelle più elementari di cui era costituita la materia dell'Universo. Essi si accorsero che sperimentando sempre più in dettaglio per identificare particelle via via più piccole, ci si metteva su una strada di cui non si scorgeva la fine. Vi furono momenti in cui

tutta la ricerca parve come un gigantesco gioco cosmico che andava avanti a spese dei ricercatori. La comunità scientifica rimase attonita quando il fisico tedesco Heisenberg dimostrò che: «l'osservazione obiettiva delle particelle atomiche era impossibile perché la loro natura intrinseca era tale che il semplice atto di osservare interferiva con l'oggetto dell'osservazione stessa e lo alterava, invece di fissarlo e conservarlo in uno stato definito». ⁸⁸ Heisenberg e i suoi seguaci, nel microcosmo della fisica quantistica, a ogni nuova osservazione che facevano, si rendevano conto sempre meglio che la misurazione precisa della materia, cioè il fondamento di tutta la fisica classica, risultava impossibile perché richiedeva la capacità di determinare contemporaneamente la velocità e la posizione di un oggetto. Con loro gran dispiacere, ogni volta che cercavano di osservare la più leggera delle particelle, l'elettrone» la loro osservazione influenzava quello che essi vedevano. Questo perché: «Voi potete vedere un elettrone solo quando emette luce, ed esso emette luce solo quando salta, così che per vedere dov'è dovete farlo andare altrove», ⁸⁹ Stando così le cose non si possono avere due dati: si può misurare la posizione o la velocità ma non le due contemporaneamente. In sostanza: «Se voi sapete dove vi trovate non potete dire con che velocità vi muovete, e se sapete con che velocità vi muovete, non potete dire dove vi trovate». ⁹⁰

Alla scoperta di Heisenberg venne dato un nome: principio di indeterminazione di Heisenberg. La sua scoperta segnò il giorno più nero nella storia della fisica classica perché egli aveva, a tutti gli effetti, tolto il piedistallo al ferreo determinismo che circondava le leggi della fisica da quasi trecento anni. Sappiamo che nella scienza è sufficiente una sola eccezione, quando sia inspiegabile, per invalidare una legge, e così Heisenberg stroncava la costruzione newtoniana della scienza e la visione del mondo che su di essa era stata fondata.

Il principio di indeterminazione di Heisenberg fu soltanto l'inizio di una lunga e perdurante contestazione scientifica che

ha fatto a pezzi gran parte della fisica classica. La pretesa newtoniana di aver trovato la chiave scientifica per svelare i segreti dell'universo è guardata oggi come poco più che la bravata di una scienza ingenua, non ancora gravata dai paradossi e dalle complessità che si accompagnano agli stadi più avanzati del progredire della conoscenza.

Fino a un centinaio di anni fa la fisica procedeva su un'ipotesi che lei stessa si era data, e cioè che un certo insieme di condizioni iniziali potesse portare a uno, e uno solo, stato finale. Oggi questo principio di causalità della fisica classica è risultato così poco accertato che difficilmente si potrebbe qualificarlo come legge. Gli scienziati conoscono oggi dei casi in cui un insieme di condizioni iniziali identiche può portare ad alcune diverse alternative, essi distinguono allora tra le leggi primitive completamente deterministiche e le nuove leggi non deterministiche. In quest'ultimo caso si attribuisce una probabilità a ciascuno dei possibili eventi che possono risultare dalle condizioni iniziali e questo rappresenta il massimo che possiamo sperare di verificare in termini di misurazioni. Anche le leggi non deterministiche vengono però messe in difficoltà da quello che gli scienziati chiamano «secondo grado di indeterminazione», nel quale anche l'assegnazione di una probabilità per il verificarsi di ogni evento, diventa impossibile. Il fisico Max Born, di recente riscoperto, così riassumeva il senso di frustrazione dei suoi colleghi nel percorrere la via su cui le loro stesse scoperte li avevano portati: Siamo andati in cerca di una base sicura e non l'abbiamo trovata; più si va in fondo, più l'universo diventa irrequieto, vago e nebuloso. Si dice che Archimede, pieno di orgoglio per le sue macchine, esclamasse: «Datemi un punto d'appoggio e solleverò il mondo!» Non vi è un punto di appoggio fisso nell'universo: tutto si agita e vibra in una danza selvaggia.⁹¹ Gli scienziati hanno imparato a considerare ogni evento come unico: il suo stesso verificarsi lo distingue da tutti gli altri eventi. Per questa ragione, ogni evento non solo ha diritto a un posto tutto suo

nel mondo, ma anche la sua realtà osservabile non si può dire condivisa con quella di qualsiasi altro fenomeno, A sua volta però il verificarsi di un evento non è il risultato puro e semplice di un particolare insieme di condizioni iniziali, la realizzazione è dovuta piuttosto a tutto il labirinto del verificarsi di altri eventi del passato la cui interconnessione ha dato luogo a quel particolare svolgersi di avvenimenti. L'idea che determinati fenomeni possano sussistere isolati dal resto dell'universo di cui fanno parte e che risultino connessi con altri fenomeni, ugualmente isolati, da una «pura» relazione di causa-effetto è semplicemente un'idea sbagliata. Il paradigma newtoniano delle misure precise, della materia che si può dividere in parti distinte che potranno eventualmente essere ricongiunte l'una all'altra senza tener conto dell'effetto che tutto questo avrà sul resto del cosmo, o dell'effetto che il resto del cosmo avrà su di esse, ha portato a una sfrenata manipolazione e distruzione della natura nelle mani della scienza moderna.

In questo mondo tutto è collegato con tutto il resto, in un delicato e complesso reticolo di interrelazioni. Neppure il miglior computer che l'umanità abbia mai progettato potrebbe calcolare anche solo una piccola parte di tutte le interrelazioni che esistono in un semplice ecosistema, quale potrebbe essere quello di uno stagno. Alcuni ricercatori ci hanno provato e hanno poi abbandonato dopo essersi resi conto della complessità e della quantità di minuti particolari che entravano in gioco.

La vecchia concezione newtoniana che trattava tutti i fenomeni come se riguardassero blocchi di materia isolati, o depositi di materia immutabili nel tempo, ha dato luogo alla nuova concezione in cui ogni cosa fa parte di un flusso in movimento. La fisica classica che divideva le cose in due categorie (cose che esistono e cose che non esistono) è stata messa alla prova e superata. Le cose, semplicemente non «esistono» nella condizione di oggetti conservati e immutabili. La visione del mondo statica è stata sostituita da una visione del

mondo in cui ogni cosa è soggetta a un processo di divenire e anche i sistemi non viventi sono in continua evoluzione. Questo processo del divenire in realtà non è altro che la legge dell'entropia che entra in gioco: ogni singola cosa è energia e l'energia deve continuamente trasformarsi. Ogni trasformazione influenza tutto quello che viene toccato dal processo. La vita e la morte di ogni singolo filo d'erba influenza la quantità totale di energia che si scambia in tutto il mondo. La legge dell'entropia ci indica la direzione verso cui scorre l'energia, ma non definisce la sua velocità, che è variabile. Non vi è nulla di continuo nel flusso e riflusso del divenire» è come un fiume ricco di cascate e sorgenti.

Ilya Prigogine, premio Nobel 1977 per i suoi lavori sulla termodinamica del non equilibrio, afferma che l'intero concetto di causalità e di precisione nelle misure, premessa e garanzia di tutta la fisica classica, sta per cedere il posto a una ridefinizione della scienza basata sui vincoli del secondo principio della termodinamica. Nel ragionamento di Prigogine ogni fenomeno che si verifica nel mondo è unico e, proprio per questo, è impossibile fare precise previsioni sugli eventi futuri basate su osservazioni scientifiche. Il massimo che la scienza può fare è prevedere gli scenari più probabili. La vecchia sicurezza che ci dava la fisica classica era, fin dal principio, un'illusione, dicono Prigogine e i ricercatori a lui più vicini. Non è possibile arrivare a conoscere la natura nel senso che avevano in mente Bacone, Cartesio e Newton» perché si è dimostrata fallace l'idea che gli esseri umani potessero vedersi distinti dalla natura» scoprirne quindi i più intimi segreti e usare questo «corpo immutabile di verità» per manipolare e modificare il mondo naturale. Già Niels Bohr, da scienziato, aveva ribadito che tutti noi siamo contemporaneamente attori e spettatori dello svolgersi dell'ordine naturale e non possiamo separarci dal mondo che ci sta attorno per quanto tenacemente ci proviamo.

Inoltre il concetto di corpi immutabili di verità» nel significato deterministico che gli dava la fisica classica, non regge più dal momento che continuiamo a fare esperienza di un universo continuamente fluttuante e instabile. Prigogine coglie l'essenza della nuova riformulazione della scienza quando dice che: «piuttosto che fermarci alla descrizione classica del mondo come un automa, è meglio che torniamo indietro al paradigma greco del mondo come opera d'arte».⁹²

Ogni scienza, in ultima istanza, non è altro che una metodologia per prevedere il futuro e, nello stesso tempo, ogni metodologia scientifica è sottoposta a una costante indagine che definisca il massimo limite delle sue possibilità. Una legge in campo scientifico resta valida fintantoché prevede in modo soddisfacente il futuro e non si rilevino eccezioni che possano scalzare i limiti che la legge stessa ha stabilito. La legge dell'entropia soddisfa entrambe queste condizioni: più di ogni altro concetto finora scoperto, fornisce una metodologia di previsione del futuro e stabilisce dei limiti insuperabili entro i quali le cose possono trovare il loro spazio a questo mondo.

È come se la legge dell'entropia soppiantasse la meccanica newtoniana nel suo ruolo di paradigma costituente della scienza perché essa, e solo essa, spiega in maniera soddisfacente la natura del cambiamento, la sua direzione e l'interconnessione di tutti gli altri elementi all'interno del processo. La legge dell'entropia potrà un giorno essere invalidata e superata, ma per ora rimane l'unico principio scientifico che sembra dare una spiegazione, accettabile dal senso comune, per il mondo in cui viviamo, e che ci indica come sopravviverci.

Riformulare l'istruzione

Tutto il nostro processo di apprendimento è poco più che un programma di dodici-sedici anni in preparazione alla visione newtoniana del mondo. A scuola si pone l'accento sulle quantità, le distanze, le posizioni, ma raramente si dà importanza alle qualità, alle interrelazioni, al contesto. Pensate a tutti gli innumerevoli questionari in cui le uniche domande che ci venivano poste erano a proposito di nomi, date e luoghi e cioè elementi che potevano venire misurati con precisione e non davano luogo ad ambiguità. I questionari stessi sono ancora ritagliati sui modelli della fisica classica: vero, falso, riempire gli spazi bianchi, scelte multiple e risposte assortite: tutto quanto basato sul concetto di causalità, cioè per ogni insieme di condizioni iniziali ci deve essere uno e uno solo stato finale.

Se si facesse un'inchiesta è probabile che più o meno tutti coloro che hanno frequentato la scuola contesterebbero la procedura stessa delle prove. Quanti di noi, avendo in mano un questionario, davanti a una domanda specifica con tutte le possibili risposte, sentivano che qualcosa non andava dovendo sceglierne una. Il buon senso ci diceva che non poteva essere così semplice, che altri parametri andavano presi in considerazione e che era pura follia isolare un particolare fenomeno da tutto ciò che gli stava attorno. Eppure, dopo qualche sommesso mugugno» ci sottomettevamo alla procedura: si metteva la croce su una risposta e così sia. Si poteva anche razionalizzare la nostra resa fantasticando che anche dove non c'era la risposta giusta si aveva almeno la possibilità di scegliere la migliore.

In questo momento ragazzi in tutta l'America stanno sostenendo esami. Il tipo di prove a cui si sottopongono è fatto per prepararli a ragionare in termini di causalità e quantificazione, basi del paradigma newtoniano del mondo. Pochi insegnanti, ovviamente, si rendono conto che nell'insegnare stanno facendo propaganda a una particolare ideologia, probabilmente si giustificherebbero dicendo che hanno solo l'intenzione di insegnare ai ragazzi come si ragiona «obiettivamente».

Imparare a ragionare è importante solo se produce risultati, e questo si raggiunge imparando i fatti. Il nostro sistema scolastico dà la massima importanza ai fatti, più frammenti di informazione uno studente riesce a raccogliere e a ricordare, migliori saranno i suoi voti. I fatti hanno valore, si pensa, perché aiutano l'individuo a capire meglio il mondo e a organizzare meglio la propria vita. La quantità di *fatti* del mondo di cui veniamo a conoscenza raddoppia ogni pochi anni; sarà però ben difficile fare ammettere a qualcuno che nell'umanità raddoppia la coscienza del suo molo nella vasta molteplicità delle cose.

Infine, il nostro processo formativo è legato alla specializzazione. Per ogni nuovo, diverso argomento da imparare si istituisce addirittura una nuova disciplina in campo accademico o professionale per trovare e interpretare i dati necessari. L'apprendimento è stato suddiviso in programmi di studio sempre più ristretti, seguendo il postulato newtoniano che più si conosce delle singole parti, meglio si riuscirà a comprendere il tutto che esse compongono.

I nostri professori universitari e gli esperti di tutti i campi stanno diventando come i ciechi della favola che mettevano dei cartellini sulle diverse parti di un elefante, ognuno avendo un'idea diversa dell'aspetto complessivo dell'animale. Più etichette mettevano nello spazio che gli era stato assegnato e più si convincevano di conoscere bene quello che stavano etichettando, ma in realtà sbagliavano sempre di più.

Il processo formativo è stato conformato alle esigenze di una società industriale, che a sua volta si è conformata alle esigenze di una struttura basata su energie non rinnovabili. Nel passaggio verso un ambiente basato sull'energia solare, la concezione attuale dell'insegnamento e dell'apprendimento diventerà sempre più obsoleta. Le modalità di apprendimento su una falsariga di stile newtoniano dovranno cedere il posto a modalità entropiche anche per l'istruzione.

I nuovi punti forti dell'apprendimento saranno radicalmente diversi da quelli che abbiamo usato finora per esaminare le cose. Per esempio si dovrà dare molto più peso ai processi che non alle misure. Il concetto di rilevare, immagazzinare e poi sfrattare masse di fatti indipendenti dovrà essere sostituito dall'idea di indagare su *flussi* di fenomeni interdipendenti. Le prove saranno mirate alle capacità concettuali, piuttosto che a quelle empiriche. Quindi i saggi scritti, l'esposizione orale e la pratica sperimentale dovranno essere condotti in modo conforme all'esigenza di pensare in termini di processo. Si arriverà a esaminare il mondo esterno non più come una serie di relazioni di causa-effetto indipendenti l'una dall'altra, ma come un unico reticolo di fenomeni che possono dar luogo a molti possibili scenari di movimento e di cambiamento.

L'istruzione darà più importanza al *perché* delle cose, piuttosto che al *come*. Il passaggio da un volere empirico a un volere metafisico significa porre meno attenzione ai metodi per trasformare l'ambiente e cercare invece di capirlo meglio per scoprire la relazione che intesse con noi. In quest'ottica l'istruzione non rappresenta uno strumento per imparare a sfruttare le risorse della Terra e trasformarle in qualcosa di diverso, ma piuttosto uno strumento per imparare a vivere in un mondo che è quello che abbiamo ereditato dalla natura e del quale facciamo parte. Imparare come progresso sarà sostituito da imparare come servizio.

La specializzazione sarà richiesta in qualche misura anche nell'era solare, ma il processo educativo dovrà avere come principio fondamentale quello di avvicinarsi in modo olistico alla conoscenza. A differenza del sistema scolastico attuale, che già dalle scuole superiori indirizza gli studenti alle carriere accademiche da un lato e a quelle pratiche dall'altro, si cercherà di integrare con rinnovato interesse le abilità manuali e quelle intellettuali per insegnare a ogni persona a diventare autosufficiente nel mondo.

La separazione artificiosa tra cultura e natura è stata caratteristica del periodo newtoniano, ma l'era solare che si prepara lascerà via libera alla riunificazione. Il concetto di «uomo contro la natura» muterà in «uomo in compagnia della natura» e il processo educativo rifletterà questo cambiamento. Contro i modelli accademici che separano gli studenti dal mondo esterno, chiusi ermeticamente in un ambiente artificiale per dodici-sedici anni, la pratica scolastica dell'era entropica vedrà moltiplicarsi le esperienze di insegnamento integrato dal contatto quotidiano con il mondo.

Una parte delle conoscenze accumulate nell'era industriale perderanno importanza nella prossima era solare e forse andranno perdute, bisogna però considerare con la dovuta attenzione che gran parte del paradigma newtoniano conserverà la sua utilità e dovrà essere mantenuto e utilizzato nei processi scolastici di formazione. È noto d'altronde che ognuno dei grandi cambiamenti nella visione del mondo conserva frammenti significativi dei vecchi schemi, ma, anche se molte delle caratteristiche della vecchia visione del mondo dovessero sopravvivere come parte del nuovo paradigma, la loro funzione e la loro priorità verrebbero comunque ridefinite per adeguarle al nuovo insieme di postulati fondamentali.

Il processo educativo che ne uscirà si evolverà facilmente verso molteplici e nuovi indirizzi che oggi non riusciamo neppure a immaginare e sarà guidato, dall'inizio alla fine, dagli onnipresenti primo e secondo principio della termodinamica.

Una seconda riforma cristiana

La visione del mondo che avanza, nel segno dell'entropia, già si accompagna a una riformulazione radicale della teologia cristiana. La riforma protestante, che ci aveva dato una teologia della crescita seguita idealmente dall'era di crescita economica degli ultimi quattrocento anni, sta cedendo il passo a una nuova struttura teologica che rispecchia le esigenze della legge dell'entropia e della nuova era solare.

Negli ultimi decenni l'America ha visto molteplici esperienze di accostamento alle religioni orientali. Oltre mezzo milione di americani seguono la fede buddista e altri quattro o cinque milioni praticano meditazione, yoga e altri esercizi fisici e mentali che si ispirano alle profondità delle religioni orientali.⁹³ Nello stesso tempo si assiste negli Stati Uniti a una rinascita religiosa di massa che, a detta degli esperti in sondaggi come George Gallup, rappresenta il primo passo di un risveglio della nazione americana.⁹⁴

Nel passato l'America ha vissuto due altri grandi momenti di risveglio religioso. La prima grande riscoperta spirituale, intorno al 1740, diede impulso all'unificazione delle colonie e fu un catalizzatore per il movimento politico di ribellione alla corona. Il secondo risveglio si ebbe cent'anni dopo e aiutò la diffusione del movimento abolizionista preparando il campo alla guerra civile. Il fervore evangelico si sta diffondendo ancora una volta per tutto il Paese e si ha ragione di credere che questo terzo grande risveglio sarà la scintilla di un profondo cambiamento che investirà tutta la vita economica e sociale della nazione, così come fu per i precedenti momenti di riscoperta.

Il progressivo interesse per le religioni orientali e i movimenti evangelici che spuntano come funghi rappresentano la ricerca inconscia di una sintesi religiosa adatta alla nuova era verso cui ci stiamo avviando, Entrambi i movimenti portano con sé gli ingredienti essenziali di una riformulazione teologica,

I seguaci delle religioni orientali, e specialmente della religione buddista, hanno compreso molto bene quale valore può assumere il rendere minime le correnti energetiche. La pratica della meditazione è concepita anche per ridurre gli inutili sprechi di energie. Lo Stato di Nirvana, o di verità, si raggiunge quando l'individuo spende il minimo delle energie necessarie per la sua sopravvivenza fisica. Le religioni orientali hanno da sempre insegnato che ogni inutile dissipazione delle energie personali non fa altro che accrescere la confusione e il disordine del mondo; secondo la loro dottrina si giunge alla verità suprema solo diventando una cosa sola con il mondo attorno a noi e questo si compie solo quando entriamo in una relazione unificante con il resto della natura.

Noi occidentali abbiamo sempre incontrato qualche difficoltà a comprendere la via orientale verso la verità e la saggezza» abbiamo sempre creduto che soltanto con un incessante operare avremmo potuto arrivare a dischiudere i più riposti segreti del mondo. Per questo ci troviamo costantemente impegnati a raccogliere e mettere insieme schegge e frammenti di informazione, e poi a manipolare e risistemare il mondo che ci sta attorno, convinti che i nostri sforzi ci faranno giungere a un più alto grado di saggezza e forse, chissà, a trovarci faccia a faccia con il supremo architetto dell'Universo. I teologi dell'Oriente direbbero che la nostra frenetica attività non fa altro che aumentare il disordine e la confusione e caso mai ci allontana dalla rivelazione divina che andiamo cercando.

Se da un lato le religioni orientali hanno capito il valore di un mondo con flussi di energia ridotti al minimo e minima

tendenza ad accumulare disordine, è merito delle religioni occidentali aver capito la struttura lineare della storia che costituisce un altro fattore importante per una dottrina religiosa in accordo con la legge dell'entropia. A differenza della teologia orientale ridondante di mondi che ritornano e di cicli della storia, la tradizione giudaico-cristiana ha sempre considerato la nostra storia terrena come una storia che ha un inizio e una fine.

È anche vero però che il modo di rapportarsi alla natura tipico della tradizione cristiana è stato un fattore determinante di distruzione dell'ambiente.⁹⁵ Il primato attribuito al mondo dell'aldilà ha portato a trascurare e a sfruttare brutalmente il mondo fisico.⁹⁶ La visione cristiana accoglie come veri valori solo quelli che stanno nel regno dei cieli. Il nostro mondo fatto di persone, di natura e di carne è visto come umile, depravato, senza valore, e quindi non degno di attenzione da parte di chi cerca la santità nella vita. Il mondo della natura è soltanto una tappa del nostro viaggio verso il mondo futuro, per cui meno lo si considera e più spazio resta per prestare attenzione al regno di Dio, in cui regna la perfezione.

L'altro punto debole della dottrina cristiana attraverso i secoli riguarda l'interpretazione del concetto di dominio nel racconto della creazione nella Genesi: «Prolificate, moltiplicatevi e riempite la Terra, assoggettatela e dominate sopra i pesci del mare e su tutti gli uccelli del cielo e sopra tutti gli animali che si, muovono sopra la Terra». Il concetto di *dominio* è stato usato da tutti quelli che volevano giustificare la brutale manomissione e lo sfruttamento della natura. Va detto che oggi si sta delineando una riformulazione della dottrina cristiana: per la prima volta i filosofi cristiani cercano di ridefinire il significato di dominio e nel farlo creano il fondamento teologico di una visione entropica del mondo.⁹⁷

La nuova interpretazione della Genesi parte dall'idea che, avendo Dio creato il cielo e la terra e ogni altra cosa a

questo mondo, è tutto il suo creato che acquista importanza e possiede un valore intrinseco perché viene dal suo atto creativo. Poiché questo creato trova in Dio il suo fine ed è ordinato verso di Lui, si deve essere riverenti verso l'ordine e il fine esattamente come si deve essere riverenti verso le creature di Dio. Di conseguenza, ragionano i nuovi teologi, chi sfrutta o minaccia la creazione di Dio è in peccato perché commette un atto di ribellione verso Dio. Così, anche chi sovverte l'ordine e il fine che Dio ha dato al mondo naturale è in peccato e in atteggiamento di ribellione. Non è un punto da poco nella teologia, sostengono i teologi: ogni altra convinzione religiosa discende da queste verità centrali sulla creazione, cioè che Dio abbia creato il mondo o non l'abbia creato, che Dio abbia dato ordine e fine al mondo o non l'abbia dato. Se uno crede in queste verità, allora crede in Dio. Se uno non crede in queste verità, può essere che non creda in Dio. Sono tesi che costituiscono il punto di partenza per tutti i fedeli cristiani.

Il peccato allora è la confusione di persone che credono di poter trattare le creature di Dio diversamente da come Egli le tratta e, in particolare, credono di poterle manomettere e sfrattare per degli scopi diversi da quelli per cui sono state create. E' peccato anche la confusione di chi crede di poter riordinare il mondo e ridefinirne il fine seguendo i propri capricci e le proprie fantasie. La vita cristiana dev'essere orientata a conservare l'unità contro la frammentazione, l'equilibrio contro il disequilibrio e l'armonia contro la disarmonia. Un cristiano deve amare la creazione di Dio perché Dio l'ha creata con amore.⁹⁸

A questo punto, dominio non significa più diritto di sfruttare la natura. Lungi da quest'idea, dicono gli stessi filosofi, dominio ha il significato di servizio verso la natura. Henlee H. Barnett, nel suo libro *The Church and the Ecological Crisis*, sottolinea che la visione biblica dell'umanità «è quella di chi conserva, si prende cura, custodisce la casa terrena». Servizio,

continua Barnett, è «il termine che il Nuovo Testamento usa per il ruolo degli esseri umani in rapporto all'ordine naturale». Il primo requisito di un servo, secondo Barnett, «è la fedeltà, perché egli maneggia cose che appartengono a un altro».⁹⁹ Il concetto di servizio deriva direttamente dalla tradizione biblica dell'alleanza. Nel libro della Genesi Dio dice: «Io stabilirò un patto con voi e la vostra progenie che verrà dopo di voi e con tutti gli esseri viventi».

Dio ha fatto dunque un patto con l'umanità. Uomini e donne devono comportarsi come suoi servitori sulla Terra, salvando e proteggendo tutte le creature di Dio. Questo patto pone gli esseri umani in un rapporto speciale con Dio. Essendo le persone creature di Dio, sono uguali a tutte le altre creature per la loro natura finita; solo Dio è infinito. Per quanto però tutte le creature siano uguali in quanto devono la loro esistenza alla stessa sorgente, che è Dio, gli esseri umani presentano una differenza. La differenza viene messa in rilievo da Francis Schaeffer nel libro *Pollution and the Death of Man*, secondo cui gli esseri umani, fatti a somiglianza di Dio, hanno ricevuto la responsabilità di agire, come servitori, su tutto il resto del creato. Le persone, da un lato, sono parte della natura come tutti gli altri esseri viventi, da cui oltretutto dipendono, e nello stesso tempo, sono distinti dalla natura e sono chiamati a proteggerla e averne cura. Nella misura in cui le persone accettano questo duplice rapporto si rendono fedeli al fine che Dio ha posto e rispettano il patto che Lui ha stretto con essi. Quando al contrario approfittano delle loro speciale posizione per impadronirsi del creato come se fosse loro proprietà e lo usano per i loro fini invece che per la gloria di Dio, rompono il patto e si ribellano a Dio.¹⁰⁰

La nuova teologia del servizio e le leggi della termodinamica, integrate con la teologia più ortodossa, danno il via a una nuova dottrina cristiana, riformulata in accordo con i principi ecologici di una visione entropica del mondo. Soprattutto, la dottrina del servizio dà una risposta alla

questione ultimativa: «Perché dovrei, io, assumermi la responsabilità di aver cura dell'ordine naturale e di salvaguardarlo?» Perché è l'ordine di Dio. Dio lo ha creato e lo ha affidato agli esseri umani con la responsabilità di controllarlo. Si arriva a un bivio: servire Dio o rifiutarlo.

La nuova dottrina del servizio stravolge completamente la visione moderna del mondo. Le regole e i comportamenti che si usano per sfruttare la natura sono diametralmente opposti a quelli che servono per salvarla. Per esempio; la proprietà privata delle risorse, il progressivo accentramento del potere sulla natura, l'eliminazione della diversità biologica, il rifiuto di porre limiti alla produzione e ai consumi, la parcellizzazione del lavoro in isole operative autonome e separate, l'ottica riduzionista nel tentativo di capire la vita e i rapporti tra i fenomeni e infine il concetto di progresso come un continuo trasformare il mondo della natura per renderlo ambiente più facilmente sfruttabile, sono considerati obiettivi validi da perseguire nel mondo moderno. Ognuno di questi singoli argomenti, e via via tutti gli altri che costituiscono i postulati operativi dell'era dello sviluppo, è nemico dei principi dell'ecologia, di un contesto economico di lenta crescita entropica e, ancora più importante, è contro la dottrina del servizio che abbiamo appena definito.

Essere al servizio richiede che l'umanità rispetti e conservi i meccanismi naturali dell'ordine divino. L'ordine naturale si muove secondo i principi della diversità, dell'interdipendenza e della decentralizzazione. L'idea di salvaguardia sostituisce quella di progresso, il servizio sostituisce il possesso e l'attenzione verso la natura sostituisce l'ansia di trasformazione. Si riconosce che esistono limiti biologici alla produzione e ai consumi, si accetta il principio di un'equa distribuzione delle risorse e il concetto di totalità diventa la linea guida insostituibile per valutare tutti i fenomeni e le relazioni che tra di essi intercorrono. In realtà la nuova dottrina del servizio rappresenta il passaggio a un diverso quadro di riferimento

perché stabilisce un nuovo gruppo di principi regolatori del comportamento e delle azioni degli esseri umani nel mondo.

Se la comunità cristiana perde l'occasione di accogliere la visione di una nuova alleanza imperniata sul servizio, è possibile che il fervore religioso emergente venga presto superato o brutalmente sfruttato da movimenti di destra e da interessi corporativi. Il risveglio evangelico potrebbe finire per fornire la base culturale a un eventuale movimento fascista, che negli Stati Uniti punterebbe a mantenere il controllo del Paese in un periodo di recessione economica di lunga durata.

Perfino un teologo evangelico della statura di Francis Schaeffer, rispettato e stimato per la profondità del suo pensiero, pensa che il fascismo sia una possibilità molto realistica per gli Stati Uniti se sopravvenissero anni di difficoltà economiche. Ragionando sull'incapacità dell'America nel trovare soluzioni al problema dell'inflazione e ai cicli recessivi, Schaeffer conclude dicendo: «Non riesco a togliermi dalla mente lo scomodo paragone con la perdita di fiducia dei cittadini tedeschi nei confronti della repubblica di Weimar, poco prima dell'avvento di Hitler, sfiducia causata da un'inflazione non più sostenibile. La storia mostra che a un certo punto, nel crollo di un'economia, la gente cessa di preoccuparsi delle libertà individuali ed è pronta ad accettare un regime».¹⁰¹

Schaeffer è pessimista circa la prospettive degli Stati Uniti perché pensa che il valore primario che gli americani attribuiscono alla loro «personale tranquillità e prosperità» porterebbe facilmente anche a modelli di ordine fascista ove si verificasse una recessione economica persistente: «Credo che la maggioranza di essi sopporterebbe la perdita delle libertà senza protestare, almeno fino a che il loro stile di vita non sia più minacciato».¹⁰²

Quello che Schaeffer non dice è che si possono scorgere molti segnali preoccupanti all'interno dello stesso movimento evangelico, segnali che rendono realistico il verificarsi della

possibilità sopra descritta. Per esempio, molti cristiani delle classi medie stanno progressivamente ripiegando sul vecchio concetto di «vangelo della ricchezza», facendo tutt'uno di dottrina biblica, individualismo sfrenato, libera impresa e accumulo illimitato di beni materiali. Questo tipo di teologia della crescita è un motivo ancora dominante nelle comunità cristiane dell'America. È probabile che il «vangelo della ricchezza» sia l'argomento che individualmente molti cristiani continueranno a usare per giustificare la mancanza di attenzione e di impegno verso le urgenti esigenze economiche che dovremo affrontare, soprattutto quando si tratterà di esigenze che richiedono risposte comuni e non individuali o liberistiche. Per questi cristiani il movimento evangelico sarà come un santuario, utile per sottrarsi al terremoto che si vedranno attorno. Se poi le condizioni economiche diventassero così preoccupanti da minacciare anche quest'ultimo rifugio della classe media, è molto probabile che gli interessati ne uscirebbero per approdare al sostegno attivo da dare ai movimenti di destra e agli interessi del capitale, fino ad accettare qualsiasi misura autoritaria, ritenuta necessaria dallo Stato per mantenere l'ordine sociale.

I filosofi cristiani contemporanei, che ridefiniscono dalle fondamenta il rapporto dell'umanità con il resto del creato, rappresentano una minaccia per la nostra epoca di crescita espansionistica. Il nuovo concetto di dominio come servizio e salvaguardia, piuttosto che come possesso e sfruttamento, si trova in competizione con la teologia cristiana tradizionale e con la visione del mondo meccanicistica degli ultimi secoli. Rimettendo in discussione la storia della creazione e i fini dell'umanità sulla Terra, i teologi cristiani hanno commesso un atto di aperta ribellione a un passato dottrinale che era il loro stesso passato. Il cristiano che per centinaia di anni aveva cercato la salvezza sulla via della produttività e della sottomissione della natura è ora sfidato da un nuovo tipo di cristiano che cerca la salvezza proteggendo quello che Dio ha creato.

L'etica cristiana del lavoro sta per essere sostituita dall'etica cristiana della conservazione. Il nuovo accento posto sul servizio sta creando la base per fare emergere una nuova riforma cristiana e la visione di una società della nuova alleanza.

Come affrontare la crisi entropica

Non si sfugge alla legge dell'entropia. Rappresenta l'ordine massimo della fisica in ogni sfaccettatura della nostra esistenza. Sappiamo che tutto è energia e, poiché l'energia si muove a senso unico, scorre cioè dai livelli utilizzabili a quelli non più utilizzabili, la legge dell'entropia delinea una struttura per tutte le attività umane. Come abbiamo visto» la visione del mondo entropica mette in crisi le nostre idee correnti, quelle a cui eravamo più affezionati, circa il nostro ambiente, la nostra cultura, il nostro stesso essere biologico. I fasti della cultura moderna» ovvero le grandi aree urbane» la nostra agricoltura meccanizzata, la nostre produzioni e i consumi di massa» le armi» l'istruzione e le tecnologie mediche» sono tutte cose che si stanno presentando sotto una nuova luce. La legge dell'entropia stronca la nostra concezione di progresso materiale, cambia gli orientamenti dell'economia» trasforma l'idea di tempo e di cultura e rimuove la tecnologia dal suo alone mistico.

Per poco che si incomincino a capire le immense implicazioni sociali ed economiche del secondo principio della termodinamica, si capisce anche che la nostra attuale visione del mondo ha poco a che vedere con il mondo come realmente funziona. Le nostre vite quotidiane» il lavoro» il divertimento, i consumi, i nostri stessi pensieri, perdono sicurezza e fondamento. Diventiamo come stranieri in un Paese sconosciuto e improvvisamente tutto quello che eravamo abituati a considerare solida ed evidente realtà, diventa fantasia, non diversamente dal Paese delle meraviglie visitato da Alice: il mondo in uno specchio. E ancora cerchiamo di opporre

resistenza ai nuovi orientamenti che stanno per calare sul mondo e sulle nostre vite! Anche se siamo affascinati dalla saggezza che emana da una visione del mondo entropica, ci difendiamo per evitare che una visione di cui abbiamo ancora poco approfondito l'importanza, venga a sconvolgere la nostra mente. Questa reazione è abbastanza naturale, perché la sfida consiste nel farci abbandonare tutti i miti rassicuranti e familiari che governano la nostra esistenza. Agli occhi di tanti altri, invece, i miti dominanti hanno perso ogni fascino. Milioni di americani, chi per scelta, chi per necessità, hanno adottato, in maggiore o minore misura, la filosofia e lo stile di vita di un'esistenza a lenta crescita entropica. Progressivamente i concetti creatori di forte crescita entropica quali «progresso materiale a ogni costo» e «più grande è meglio» stanno cessando di fare proseliti tra gli abitanti del mondo tecnologico. Alcuni di questi eredi alienati della visione newtoniana del mondo accolgono con gioia il senso di liberazione che viene dal muoversi verso la visione entropica del mondo.

Nello stesso tempo vi sono molti che lottano per negare l'approssimarsi di una nuova era preferendo mantenere ciò che è familiare anche se va in pezzi, piuttosto che avviarsi su scelte malsicure. Sono persone che, intrappolate dalle strutture di una filosofia che neanche capiscono, apriranno gli occhi solo per cercare i meccanismi di una via d'uscita, ed è naturale che sia così perché ci hanno abituati a pensare che un'uscita ci deve sempre essere, che non vi sono forze superiori alle capacità umane di dominio. Ci hanno sempre detto che non vi sono limiti, che solo le menti limitate che hanno perso la loro saldezza di nervi incappano nei limiti. E invece, possiamo girarla e voltarla come crediamo: non c'è via di scampo.

In un certo senso siamo come quel tale che non voleva credere alla gravità. Per dimostrare che la gravità non esiste, o almeno che lui riusciva a superarla, salì in cima a un alto grattacielo e saltò giù. Naturalmente alla gravità non importava che l'uomo credesse o no nella sua esistenza e si apprestava a

somministrare una bela lezione a quello scettico, tirandolo inesorabilmente verso terra. Ma l'uomo che si aggrappava a ogni scusa per dimostrare la sua sopravvivenza fisica e mentale, passando come un razzo davanti al quarantesimo piano urlava: «finché va così, va bene».

Se facciamo come quello che negava l'esistenza della gravità e scegliamo di negare le conseguenze della legge dell'entropia, potremmo a nostra volta ricevere una dura e definitiva lezione e sicuramente continueremo a dire come lui: «finché va così, va bene», anche se vedremo il mondo intorno a noi disintegrarsi nel caos proveniente dalla nostra civiltà a forte crescita entropica. Già potremmo anticipare tre risposte tipiche che ci verranno da chi non vuole sentirsi costretto a rigettare la visione del mondo che ancora predomina.

In primo luogo vi saranno gli ottimisti. Costoro punteranno le loro speranze sull'ipotesi che da qualche parte, nel Paese vicino, o nel più vicino laboratorio, spunterà la soluzione tecnologica che ci permetterà di andare avanti per la nostra strada. La loro fede saldamente radicata nei valori della società moderna e nei benefici del progresso li unirà sotto la bandiera del «c'è sempre una via». Ci diranno che «non si può fermare il progresso» e che «il livello di vita americano è l'invidia di tutto il mondo». Combinando questi luoghi comuni con il principio che più ricchezza materiale una società possiede più è ricca in assoluto, queste persone cercheranno di attuare ogni possibile misura per superare i limiti che il nostro pianeta sembra imporci.

Gli ottimisti sono orientati a concentrare tutti gli sforzi per trovare nuove tecniche di sfruttamento delle risorse rinnovabili. Non pongono alcun dubbio sul fatto che si debba tornare indietro, dal contesto delle energie non rinnovabili a qualcosa che appartiene al passato: le energie rinnovabili. Quello che rimane in discussione è il tipo di convertitori d'energia e le linee di flusso che si dovranno creare. Gli ottimisti tecnologici rifiutano l'idea di tornare a un ambiente a

lenta crescita entropica in armonia con i ritmi naturali e i processi dell'ecosistema Terra. Essi poggiano molte speranze sulle nuove tecnologie e, in testa a tutte, l'ingegneria genetica che a detta loro ci permetterà di accelerare i processi dell'evoluzione biologica realizzando dei flussi di materia-energia sempre più corposi. Se dovremo abbandonare i fertilizzanti ottenuti dal petrolio, necessari per l'agricoltura meccanizzata, ebbene svilupperemo piante transgeniche in grado di fissare direttamente l'azoto dall'aria. Se il petrolio si esaurisce, modificheremo geneticamente dei microrganismi, che poi produrremo su vastissima scala e che sostituiranno le scorte esaurite non rinnovabili. Se peggiora l'effetto serra svilupperemo altre piante e animali transgenici che riescano a sopravvivere in condizioni climatiche estreme.

È prevedibile a questo punto che l'ottimista sarà favorevole al «riadattamento» della biologia degli individui. Non è un caso che in questo momento storico l'ingegneria genetica esca progressivamente dai laboratori di ricerca e invada sempre più il campo della scienza applicata. Con il crescere dell'entropia, il nostro corpo assimila il disordine sotto forma di cancro, difetti alla nascita, minori QI nei bambini e così via. L'ottimista tecnologico, comprendendo che queste turbe possono compromettere seriamente il desiderio e la possibilità per una nazione di continuare ed eventualmente accelerare la crescita economica» cercherà una soluzione nella bioingegneria. Se le radiazioni e i prodotti chimici causano cancro e malformazioni alla nascita, le moderne tecnologie ci cureranno ristrutturando i nostri geni. Con l'ingegneria genetica, il concetto industriale di alta energia-alta efficienza verrà trasferito direttamente nella formula della nostra specie: nella ricerca continua di efficienza in tutte le cose l'ottimista cercherà di rendere la vita stessa «biologicamente efficiente».

Gli ottimisti pensano che» non solo stiamo passando dall'età delle risorse non rinnovabili a quella delle risorse rinnovabili, ma di pari passo si va dall'età della fisica verso

quella della biologia molecolare. Costoro guardano alle incredibili possibilità aperte dalla scienza nel campo dell'ingegneria genetica negli ultimi anni e sono pronti a sostenere che nell'arco di pochi decenni la nostra tecnostruttura cederà il posto a un'altra, completamente nuova, in cui tutto il complesso degli strumenti tecnologici di trasformazione deriverà dall'applicazione di biotecnologie. Esattamente come l'applicazione delle scoperte della fisica è servita a trasformare una riserva energetica, le risorse non rinnovabili, in quel complesso di infrastrutture tecnologiche che è l'era industriale, così le applicazioni dell'ingegneria genetica trasformeranno un'altra base energetica, le risorse rinnovabili, in un sistema di vita completamente nuovo: l'era biotecnologica.

È interessante notare che proprio quando il sistema si prepara a spostarsi da una base energetica non rinnovabile a una rinnovabile, e tende ad abbandonare la fisica applicata ai processi di trasformazione a favore della biologia molecolare, sta emergendo un nuovo paradigma scientifico che, nelle speranze degli ottimisti, fornirà le basi per una nuova visione del mondo nell'era genetica alla quale si stanno preparando. Il paradigma si chiama teoria delle strutture dissipative e il suo architetto indiscusso è Uva Prigogine, il chimico-fisico belga i cui lavori sulla termodinamica del non-equilibrio gli valsero il premio Nobel per la Chimica nel 1977. Strutture dissipative sono tutti quei sistemi aperti che scambiano energia con l'ambiente circostante: tutti gli oggetti viventi, così come altri sistemi non viventi, sono strutture dissipative. Essi mantengono la loro struttura utilizzando un flusso di energia esterna che percorre continuamente il sistema. Prigogine sottolinea che più la struttura dissipativa è complessa, più è integrata e connessa con l'esterno e pertanto richiede più energia per mantenersi. Notando che un flusso di energia attraverso una struttura dissipativa produce delle oscillazioni, a buon diritto concludeva che quando le oscillazioni diventano

troppo ampie perché il sistema possa assorbirle, il sistema stesso è obbligato a riorganizzarsi. Prigogine allora afferma che la riorganizzazione tende sempre a un livello più elevato di complessità, di integrazione e di connessione e quindi consuma più energia. Ogni riorganizzazione successiva, essendo più complessa di quella precedente, è anche più sensibile alle oscillazioni e ai riassetamenti, quindi la complessità crea le condizioni per una progressiva riorganizzazione e accelerazione del processo evolutivo e del flusso energetico. Prigogine dunque associa instabilità e flessibilità. Attraverso complicati passaggi matematici egli cerca di dimostrare che i sistemi più complessi ed energeticamente più impegnativi sono anche i più pronti a modificarsi ed eventualmente a riadattarsi a circostanze nuove.

Non vi è dubbio che questa teoria contraddice il nostro senso comune del quotidiano, dove abbiamo esperienza di un mondo in cui la complessità restringe il nostro campo di scelte e crea situazioni rigide con tendenza all'infrangimento e al collasso. La teoria delle strutture dissipative sembra quindi un tentativo di fornire un paradigma di crescita per gli ambienti a energie rinnovabili, laddove la fisica newtoniana forniva il paradigma di crescita per un ambiente a energie non rinnovabili.

Non dimentichiamo che la fisica newtoniana era fatta su misura per le risorse energetiche «non viventi», perché trattava di materia inerte in movimento, in base a correlazioni puramente quantitative. Per questo il paradigma newtoniano è del tutto inadatto a un ambiente energetico vivente, in costante fluire e rinnovarsi. La teoria delle strutture dissipative, invece, fornisce una base scientifica adatta alla trattazione delle fonti energetiche «viventi» ed è proprio per questo che è stata sbandierata come una rivoluzionaria apertura rispetto al campo di applicabilità delle leggi newtoniane. Come paradigma gerarchicamente superiore» la teoria delle strutture dissipative fornisce una perfetta razionalizzazione per l'età della bioingene-

gneria.: dà un valore positivo all'aumento della complessità biologica e al concetto di una materia vivente che continuamente si riorganizza in nuove strutture» e questo è precisamente il compito dell'ingegneria genetica. Ragionando con le strutture dissipative, vediamo il mondo non più come meccanismo industriale ma come organismo della bioingegneria.

Negli anni futuri assisteremo a una folle rincorsa che comprenderà le risorse rinnovabili come base energetica» l'ingegneria genetica come nuova tecnologia di conversione e la teoria delle strutture dissipative come nuovo paradigma scientifico. Correnti energetiche sempre più intense» crescita illimitata e progresso materiale senza fine continueranno a dominare la mente di chi detiene il potere.

Nel tentativo di ignorare la legge dell'entropia gli esperti cercheranno di convincerci che con una base energetica rinnovabile non ci troveremo mai a corto di risorse e quindi la crescita potrà andare avanti all'infinito. Nel breve periodo le tecnologie genetiche ci permetteranno di ottenere flussi elevati di materia- energia all'interno del sistema, così come è avvenuto con i convertitori di energie non rinnovabili dell'era industriale. Per un certo lasso di tempo ci sembrerà quindi di aver superato gli angusti limiti dell'ecosistema Terra. Sarà comunque un periodo destinato ad avere vita breve. Consideriamo che l'era dominata dalla fisica» se andiamo a guardare le implicazioni reali nella nostra vita quotidiana» è durata meno di un secolo. Supponiamo di addentrarci davvero nell'era della biologia molecolare, c'è da aspettarsi che l'intervallo di tempo tra inizio e fine sia ancora minore: l'intera epoca potrebbe decorrere in meno di mezzo secolo. Il motivo è che i flussi di materia-energia che continueranno a entrare nel sistema in misura sempre maggiore, produrranno una massa di disordine non meno grande di quella prodotta dal flusso massiccio di energie non rinnovabili.

In primo luogo, spingendo al parossismo i flussi di materia vivente come correnti di energia interne alla società, noi esauriremmo in assoluto la riserva disponibile di materia vivente: le risorse rinnovabili diventeranno letteralmente non rinnovabili. È vero che la vita continua a riprodursi, ma con questo ritmo ogni filo d'erba e ogni microrganismo prodotto oggi significa uno di meno in futuro. Per dirlo con le parole di Georgescu-Roegen «È la materia che conta». Mentre la radiazione solare è virtualmente illimitata, la materia-energia che costituisce la crosta terrestre non lo è. I costituenti della crosta terrestre si degradano e si disperdono in continuazione. Il riciclo naturale semplicemente rimette a disposizione per gli utilizzi futuri una parte della materia-energia che viene usata oggi, il resto è irrimediabilmente perduto. Per queste ragioni, più acceleriamo il flusso di materia-energia, più velocemente ci troveremo a secco anche di risorse rinnovabili, indipendentemente dal fatto che il sole continuerà a brillare.

Nel frattempo gli effetti che la crescita entropica avrà sul patrimonio genetico e sul fragile ecosistema terrestre potrebbero essere catastrofici e procurare al pianeta danni peggiori di quelli che ha dovuto sopportare durante tutta l'era delle energie non rinnovabili.

La teoria delle strutture dissipative, come il primissimo paradigma newtoniano, ignora completamente la legge dell'entropia, facendo attenzione solo a quella parte del processo in atto che crea maggior ordine. Rifiutandosi di riconoscere che aumentando l'ordine e il flusso di energia all'interno di un sistema si crea sempre maggior disordine nell'ambiente circostante, coloro che invocano le tecniche della bioingegneria per trasformare la struttura delle energie rinnovabili si rendono responsabili di ripetere la stessa follia che ha portato al collasso del nostro ambiente di energie non rinnovabili e, insieme, al declino dell'età della fisica che su di esso era stata costruita.

Poiché l'entropia, sotto molti aspetti, continua velocemente a crescere in questo contesto culturale di alte energie così idolatrato dagli ottimisti, sta diventando sempre più necessario stabilire un rigido ordine nel caos che si espande. L'ottimista, che ha una fede sincera nell'ordine mondiale esistente, sarà portato a scusare sempre di più le pratiche e le tecniche repressive e disumanizzanti che si renderanno necessarie. Per esempio, non potendo ammettere che le città a forte crescita entropica, con molti milioni di abitanti, semplicemente sono frutto di un modello non più sostenibile, sarà portato a dare sostegno a qualsiasi metodo da stato di polizia, che potrà sembrare necessario per mantenere l'ordine sociale. In modo analogo, per mantenere l'America al vertice dei consumi di energia del pianeta, l'ottimista incoraggerà ogni spesa militare e ogni sviluppo degli armamenti nel tentativo di proteggere un impero che sta barcollando.

Si tratta di attività destinate a fallire. Ogni tentativo di forzare l'ordine naturale mediante l'uso di nuove tecnologie ad alto impiego energetico semplicemente porterà ad accelerare il caos. Si potranno anche manipolare i geni per creare nuove forme di energia rinnovabile o per curare le malattie, ma nel fare questo andranno irrimediabilmente perduti miliardi di anni di saggezza evolutiva. I tentativi di arginare i disordini sociali e la criminalità con nuove tecnologie richiedenti disponibilità di energia e armi sofisticate non faranno altro che sottrarre preziose energie al resto della società e creare nuove forme di repressione e comportamenti antisociali. L'ottimista, in definitiva, non riuscirà a vincere la sua megalomane battaglia per l'ordine, ma può riuscire a trascinare tutta l'umanità nel baratro insieme a lui.

Una seconda risposta di carattere generale alla legge dell'entropia potrebbe dirsi: la risposta *pragmatica*. Non essendo uomo di fede come l'ottimista, ed essendo molto meno grandioso nelle sue raffigurazioni, il pragmatico tenterà di mediare con la struttura esistente, sforzandosi di renderla

almeno rispondente ad alcune delle implicazioni di una visione del mondo entropica. Il pragmatico ha, per sua natura, una visione limitata del mondo. Cercherà di comprendere una parte del paradigma entropico ma perderà di vista la sua importanza globale, cercherà di ammettere alcune delle deficienze dell'attuale sistema, ma continuerà a proseguire come se nulla fosse, perché è così che va il mondo. La città di New York non potrà sparire; non possiamo alimentare le città senza un'agricoltura meccanizzata e i cibi industriali; gli americani non rinunceranno mai al loro amore per l'automobile. Siamo realistici, vi dirà.

Naturalmente, come pragmatico non negherà che vi sia un notevole margine per migliorare. Il suo motto diventerà: «Cerchiamo di ottenere di più con meno». La sua occupazione principale sarà quella di sintonizzare sempre meglio le strutture attuali con le esigenze energetiche. Gli urbanisti si impegneranno a progettare sistemi di trasporto termodinamicamente corretti, edifici ben isolati e a creare consigli di quartiere per promuovere ogni politica di risparmio. I fabbricanti di auto ci daranno prodotti che fanno più chilometri con un litro e più auto a gasolio o auto elettriche. I politici proclameranno le virtù delle «aspettative limitate» e del «realismo planetario». Dovranno però naturalmente stare attenti a lasciare in piedi la tecnostruttura attuale nel suo insieme.

Anche i poteri più consolidati dovranno preoccuparsi di far quadrare il loro mandato politico con alcuni aspetti vagamente definiti di contesto entropico. Per esempio, nell'agosto 1979 il dipartimento dell'Energia ha patrocinato un congresso di tre giorni sul secondo principio della termodinamica. I lavori presentati al congresso avevano titoli significativi: «Analisi termodinamica ed efficienza energetica nel reforming catalitico» oppure «Diminuzioni di resa nei processi chimici dovute alle penalizzazioni del secondo princi-

pio», e ancora «Una tassonomia dei processi di combustione in accordo con il secondo principio».

Senza dubbio in futuro dovremo aspettarci dai pragmatici un dibattito tecnico molto acceso sulla seguente questione: «Dato che l'entropia continua ad aumentare, quale può essere una velocità di aumento accettabile?» Il loro sarà uno sforzo di quantificazione, un tentativo di tenere l'attuale sistema e di renderlo più «efficiente» nel senso più ristretto del termine. Così una visione del mondo si trasforma nelle loro teste in un ulteriore strumento di valutazione costi-benefici. Non essendo in grado di afferrare la suprema realtà della legge dell'entropia, il pragmatico manca completamente l'obiettivo, sembra un cristiano che chieda: «Quanti peccati posso fare e andare ancora in paradiso?» Il pragmatico sarà molto bravo a usare frasi e parole del linguaggio dell'entropia ma perdendone completamente il messaggio.

Queste considerazioni non devono portarci a rifiutare in blocco il valore dell'analisi termodinamica dei sistemi» ma prima di arrivare al punto in cui queste analisi acquistano un reale significato bisogna aver capito quello che ci dice la legge dell'entropia, e cioè che il flusso di energia interno alla società deve essere ridotto a un livello che sia il minimo possibile, per potere ancora permettere lo svolgersi della vita in un futuro il più lontano possibile. L'economia entropica è un'economia della necessità, non del lusso. Una volta capito tutto questo» allora avremo stabilito una base che ci permetterà di usare, ove necessario, i concetti termodinamici come strumenti per organizzare una società a lenta crescita entropica.

Consideriamo per esempio il modo tipicamente pragmatico (proprio di un appartenente alla scuola del sintonizzarsi con le esigenze, dell'ottenere di più con di meno) di affrontare alcuni problemi legati alla termodinamica e confrontiamolo con il modo con cui vedrebbe gli stessi problemi uno che abbia interiorizzato il primato della legge dell'entropia. Il pragmatico» guardando un'automobile, si

farebbe domande del genere: «Come utilizzerei il secondo principio della termodinamica per riprogettare il motore in modo da ottenerne più lavoro?» oppure: «Quale sarebbe la forma termodinamicamente più corretta per la carrozzeria?» Una persona che avesse pienamente compreso la visione del mondo entropica si porrebbe domande di altro tipo. Per esempio: le automobili sono realmente necessarie per sostenere la vita umana? Le automobili migliorano il nostro benessere, la nostra salute, la nostra cultura? Le auto di oggi sottraggono alle generazioni future la possibilità di mantenersi in vita?

Chi ha interiorizzato la visione del mondo a lenta crescita entropica si farà sempre questo tipo di domande prima di addentrarsi in un problema specifico, e capirà che quando non vale la pena di fare una certa cosa è inutile chiedersi se è più o meno ben fatta. Se non vale la pena di avere un'automobile, poco importa sapere se vi sono auto che fanno otto oppure venti chilometri con un litro.

Il terzo tipo di risposta alla legge dell'entropia si potrebbe definire *edonistico*. Il motto dell'edonista è: «Finiamo dunque in bellezza!» con un sottofondo: «Cos'ha fatto la posterità per me?» Sono persone che facilmente convengono che le cose stanno andando male. Si lamentano dell'inquinamento dell'aria, dei veleni nel cibo, della distruzione degli spazi pubblici, ma, in una specie di sindrome da ultimi-giorni-di-Pompei, concludono che in realtà non ci si può fare nulla. Sostengono che la natura umana è soltanto avida e distruttrice e fanno notare che ogni volta che qualcuno cerca di cambiare il sistema, le cose rimangono come sono, quando poi non vanno peggio di prima. Cosa potrebbe fare una persona da sola se non cercar di fare quello che più conta, bere, mangiare e godere, mentre si aspetta la fine che si avvicina?

L'ottimista, il pragmatico e l'edonista hanno una caratteristica in comune: considerano l'essere umano delle epoche che hanno preceduto l'età moderna poco più

intelligente di una bestia da soma. I nostri antenati non ne sapevano nulla di particelle subatomiche, di computer, di stereo, quindi dovevano essere molto meno umani di noi oggi. Questi fedeli paladini del paradigma newtoniano non capiscono che siamo in possesso di una conoscenza semplicemente diversa da quella di cinquecento o cinquemila anni orsono. Dal nostro punto di vista riduzionistico ci sembra di sapere molto, molto di più, però nello stesso tempo ci sembra anche di capire molto, molto meno quello che ci sta succedendo. I nostri intelletti urbanizzati, completamente separati dalla natura, non hanno più la reale percezione del rapporto con l'ambiente. La nostra cultura dell'energia, in effetti, ha talmente parcellizzato la nostra mente che noi stessi non siamo più in armonia con le sorgenti della vita. Separati a tal punto dalla natura, abbiamo perduto ogni possibilità di diventare illuminati, nel senso conferito a questa parola dalle popolazioni nel corso della storia. I nostri antenati, è vero, non avevano un'interpretazione scientifica e una spiegazione dei fenomeni che li circondavano, ma forse avevano una migliore capacità intuitiva di cogliere quello che realmente importava nella vita.

Gli antichi, se non altro, erano autosufficienti, sapevano come provvedere ai loro bisogni. Noi, all'opposto, siamo completamente prigionieri del nostro contesto energetico. Non possiamo coltivarci il cibo, procurarci i divertimenti, fabbricarci i vestiti con le nostre mani.

Siamo come bambini disabili che bisogna assistere in ogni più piccola necessità. In un bellissimo brano Wendell Barry, scrittore contadino, così rappresenta la nostra moderna insicurezza:

[un americano] è forse il cittadino più infelice della storia del mondo. Non ha la possibilità di provvedere a se stesso se non con il denaro, e il denaro che possiede si inflaziona come un pallone gonfiato che vola via, è soggetto ai capricci della storia e

al potere di altre persone. Da mattina a sera non tocca nulla che abbia prodotto da solo e di cui possa andare orgoglioso. Nonostante tutti i suoi momenti di tempo libero e di svago si sente male, ha un brutto aspetto, è sovrappeso e la salute è fragile. L'aria che respira, l'acqua e il cibo contengono notoriamente veleni: ha buone probabilità di morire soffocato. Ha il sospetto che la sua vita sentimentale non sia soddisfacente come quella degli altri. Avrebbe desiderato nascere prima, oppure più tardi. Non sa perché i suoi figli sono così come sono, e non capisce più quello che dicono. Non ha molti interessi e non capisce perché non abbia interessi. Non sa cosa voglia sua moglie o che cosa lui stesso desideri. Certe immagini pubblicitarie o fotografie nei rotocalchi gli fanno pensare di essere decisamente poco attraente. Sente che tutto quello che possiede rischia di essere saccheggiato. Non sa cosa farebbe se perdesse il lavoro, se l'economia crollasse, se le aziende elettriche chiudessero, se la polizia si mettesse in sciopero, se i camionisti si mettessero in sciopero, se sua moglie lo abbandonasse, se i figli se ne andassero, se scoprisse di avere un male incurabile. Naturalmente, per tutte queste ansie, consulta esperti qualificati, i quali, a loro volta consultano esperti qualificati in merito alle loro ansie.

«Nello stare al mondo», conclude Berry, «basandosi sulla personale volontà e abilità, il più stupido contadino o il selvaggio tribale sono più competenti del più intelligente lavoratore o tecnico o intellettuale in una società di specialisti.»¹⁰³

Dalla disperazione alla speranza

La nostra generazione si trova di fronte a un momento unico della storia umana. Come abbiamo più volte ripetuto in questo libro» il contesto energetico influenza la cultura, i valori» la politica e l'economia di una società. Oggi che siamo testimoni della transizione da un contesto energetico strutturato su risorse non rinnovabili a uno che si costruirà sull'energia solare e su altre fonti rinnovabili, assisteremo a vasti cambiamenti personali e istituzionali che spazzeranno via l'attuale società. Le domande che abbiamo davanti sono: quanto tempo richiederà la transizione? Come si svolgerà? Quale sarà il nostro ruolo personale?

La questione tempo è quella su cui è più difficile ragionare. La crisi energetica degli anni Settanta e l'interesse pubblico verso il riscaldamento globale e i disastri ambientali negli ultimi anni Ottanta hanno già posto le basi per un primo delinarsi del paradigma entropico. Indubbiamente altri pezzi più o meno consistenti della società entropica andranno sviluppandosi nei prossimi decenni, anche se persisteranno a lungo le vestigia della vecchia società. Un processo molto simile si è svolto in Europa durante la transizione dal Medioevo all'età moderna. A tutt'oggi chi visita i Paesi europei può osservare reminiscenze della cultura feudale che perdurano secoli dopo la scomparsa del sistema. In questo senso la transizione verso l'era solare potrebbe essere uno sviluppo evolutivo i cui momenti si succederanno al sopravvenire di ogni nuova crisi entropica.

Nello stesso tempo non dobbiamo illuderci nel pensare che il cambiamento di ambiente energetico sia un processo così graduale che la quotidianità andrà avanti con mutilazioni

trascurabili. Il periodo di transizione non durerà centinaia di anni, come è avvenuto per le transizioni precedenti. Il nostro sistema socioeconomico ad alta energia è così fragile, così dipendente in maniera assoluta da continue immissioni di risorse non rinnovabili, che un collasso di proporzioni gigantesche potrebbe sopravvenire in qualsiasi momento. Possiamo prevedere con sicurezza che i prossimi venti o trent'anni saranno il periodo critico per dare il via alla transizione verso il successivo ambiente energetico. Questo è il motivo per prepararci fin da oggi a rendere minimo l'impatto con le onde d'urto che si verificheranno come naturale conseguenza del periodo di spartiacque entropico.

In uno dei capitoli precedenti abbiamo messo in evidenza le ampie modifiche istituzionali a lungo termine che accompagneranno la transizione tra ambienti energetici. Alcuni potrebbero considerare utopici questi cambiamenti, impossibili quindi da realizzare, mentre altri li considereranno oppressivi e quindi da rifiutare. A entrambi i gruppi di persone andrebbe chiesto: se il futuro a bassa energia che abbiamo delineato è irrealizzabile o inaccettabile, qual è l'alternativa? La scarsità di risorse non rinnovabili e la progressiva crisi dell'effetto serra rendono evidente che non possiamo andare avanti a lungo con l'attuale infrastruttura industriale ad alta intensità energetica. Passando poi a una base energetica fatta di risorse rinnovabili, resta comunque poco realistico aspettarsi di potere alimentare per moltissimo tempo un flusso così elevato di materia-energia semplicemente con le tecnologie dell'ingegneria genetica.

Che ci piaccia o meno, siamo irrevocabilmente condotti verso una società a bassa intensità energetica. Sta a noi decidere se arrivarci per nostra volontà, perché abbiamo capito che è necessario per la nostra sopravvivenza e perché offre grandi potenzialità per un'esistenza migliore, oppure se aggrapparci disperatamente alla visione del mondo attuale fino a quando saremo sospinti a viva forza e dolorosamente nel futuro.

Più cerchiamo di allontanare la necessaria transizione da una società a forte crescita entropica a una società a lenta crescita entropica, più salato diventerà il conto da pagare all'effetto serra e più difficile la transizione. Se poi aspetteremo troppo a lungo ci accorgeremo che il prezzo-da pagare è al di là delle possibilità della specie umana.

L'alternativa allo spreco generalizzato di ogni energia disponibile e al surriscaldamento del pianeta è una diffusione internazionale dei valori e delle regole del paradigma entropico. Se noi tutti, individualmente e globalmente, non modifichiamo la nostra visione newtoniana del mondo, non vi è speranza per la nascita di un movimento che possa rivoluzionare la nostra società. Il primo passo di questo processo storico è il capire fino in fondo in che cosa crediamo come persone. Di nostra iniziativa possiamo rivoluzionare le nostre vite in modo che rispecchino il nuovo paradigma, ma non basta. Dobbiamo anche unirci insieme come forza collettiva, di base, che dia inizio allo smantellamento dell'infrastruttura ad alto consumo energetico oggi esistente. Nel contempo dobbiamo costruire la nostra nuova società, basata su un nuovo sistema di valori che rispecchi la nostra presa di coscienza del processo entropico.

Tutto questo è forse una sfida all'immaginazione. L'obiettivo sembra così grande e le possibilità di successo così piccole. Molte persone, venute a conoscenza della legge dell'entropia, avranno maturato la sensazione che non vi è speranza: a tutta prima la nuova visione del mondo può sembrare molto deprimente e lascia tutti senz'altro se non la disperazione. Dove sta la speranza? Come si può aver fiducia in un futuro migliore quando, qualsiasi cosa facciamo, lasciamo un mondo più degradato di quello che c'era alla nostra nascita? Dove sta la speranza, quando sembra che tutte le cose che ha fatto l'umanità nei secoli passati abbiano dato un risultato esattamente contrario a quello per cui erano state pensate?

Se continuiamo a basare le nostre speranze sulla possibilità di mantenere l'ordine esistente, allora, veramente» non resta

che disperarsi perché non vi è alcuna speranza che l'età moderna come la conosciamo possa durare a lungo. D'altra parte, cosa vediamo di così attraente per continuare a trastullarci con una speranza del genere? Perché sperare in tecnologie sempre più complesse e in una crescita economica sempre più dissipatrice, quando sono cose che ci derubano del nostro futuro come specie? Continuare ad avere fede nel nostro ambiente ricco di alte energie non è una speranza, è un'illusione, non dovremmo disperare di poter finalmente uscire da quest'illusione. Dovremmo piuttosto rallegrarci perché la nostra generazione ha l'occasione di avviare una trasformazione planetaria che porterà il nostro mondo dall'orlo dell'annichilimento a un nuovo ordine di ere.

La legge dell'entropia ha un suo grande fascino: ci guida con autorità attraverso la scena cosmica, coscienti del destino ultimo che ci sta davanti, ma sapendo che la decisione sulla via da seguire è nelle nostre mani.

Fino a questo punto la specie umana è andata avanti nella sua storia conquistando, senza sosta, ogni cosa sul suo cammino. Negli ultimi tempi è riuscita a impadronirsi delle più importanti nicchie ecologiche del pianeta, virtualmente di tutte quante, e a sfruttarle. L'umanità si trova quindi a un bivio e il metodo fin qui seguito, la colonizzazione, sta già esigendo un pedaggio. Finché l'umanità continua a cercar di intensificare i suoi flussi energetici, la quantità di energia disponibile nell'ambiente-mondo si dilapida sempre più, la dissipazione e il disordine salgono a livelli sempre più alti e il riscaldamento globale prosegue indisturbato. L'unica speranza di sopravvivenza in possesso della specie umana consiste nell'abbandonare il metodo dell'aggressione contro il pianeta e cercare invece di inserirsi nell'ordine naturale.

Il cambiamento verso una situazione di climax, se mai avverrà, dev'essere il risultato di una scelta cosciente di tutta la specie umana. Già il fatto che stiamo prendendo atto di questa possibilità significa che abbiamo la possibilità di prendere la

decisione. Il rendersi conto che siamo davanti a una scelta ci deriva dall'aver compreso la legge dell'entropia.

Dopo una lunga e inconcludente ricerca volta a stabilire qual è la nostra collocazione nel quadro generale delle cose, ecco che la legge dell'entropia ci rivela una semplice verità: che ogni singolo atto che si compie al mondo ha subito l'influenza di tutto ciò che è avvenuto prima e a sua volta influenzerà tutto ciò che viene dopo. Così ognuno di noi fa parte di un *continuum* e incorpora nel suo esistere ogni realtà precedente mentre rappresenta, nel suo divenire, tutte le possibilità future.

Se tutti gli eventi passati o futuri sono interconnessi, noi ci troviamo a condividere la responsabilità ultima per il più lontano passato e per quel che sarà. Quello che facciamo a questo mondo si riflette sui più lontani angoli dell'universo, influenzando tutto quello che esiste. Il modo in cui scegliamo di vivere le nostre vite non riguarda solo il nostro personale interesse, interessa tutte le altre realtà, che fino all'ultima vengono influenzate dal nostro agire.

La legge dell'entropia è un concetto da contemplare con senso del meraviglioso. Già a molti di noi ispira un senso di terrore: non possiamo accettare che il mondo fisico terminerà un certo giorno il suo percorso e cesserà di esistere e ancora meno accettiamo che il nostro personale soggiorno terreno abbia una durata prefissata. La legge dell'entropia ci dice però anche che ogni avvenimento di questo mondo costituisce un'esperienza unica, ed è la singolarità di ogni evento che ci fa sentire in dovere di portare rispetto a ogni cosa che esiste intorno a noi. Tutto il mondo è limitato nel tempo, e nella sua finitezza noi viviamo la nostra. Nella sua natura fragile viviamo la nostra fragilità.

Altrettanto disperatamente cerchiamo l'immortalità in questo mondo finito, ben sapendo che non esiste. Vi è un certo nichilismo nell'affrontare la ricerca, perché la finitezza del mondo ci fa soffrire rammentandoci continuamente la nostra

finitezza. Distruggiamo ogni cosa intorno a noi, divoriamo le creature che ci sono compagne e tutti i tesori della Terra dicendo che questo è il progresso che perseguiamo, mentre in realtà è l'immortalità che andiamo cercando. Come se fossimo decisi a distruggere anche l'ultimo ricordo di questo mondo finito per liberarci della scomoda certezza che la nostra natura è limitata nel tempo. L'azione violenta semplicemente ci porta più in fretta al fallimento e alla dilapidazione dell'eredità destinata ai futuri esseri viventi. Ciononostante restiamo insensibili alle sofferenze e alle' carneficine, perché siamo convinti che la scienza moderna troverà un sostituto per tutto ciò che apriamo e usiamo dal magazzino della natura.

Solo quando avremo imparato ad accettare la natura finita del mondo potremo cominciare ad apprezzare com'è prezioso il dono chiamato Terra. Soltanto allora ogni avvenimento acquisterà un suo speciale significato e la vita stessa diventerà un bene incalcolabile da nutrire e da conservare. Come ebbe a notare Wilhelm Ostwald, il grande filosofo e scienziato: «La responsabilità di ogni azione ha senso solo se l'azione non può essere ripetuta, se quello che è fatto è fatto per sempre».¹⁰⁴

Vi sono tra noi anche coloro che accettano di buon grado la finitezza del mondo fisico, ma pensano che il flusso montante dell'entropia sia controbilanciato da una progressiva crescita dell'ordine psichico. Per queste persone il divenire della vita è sinonimo di coscienza in continua espansione. In uno schema newtoniano la coscienza umana è percepita come qualcosa che si muove in salita, contro il percorso in discesa del flusso entropico. In questo caso si è portati a credere che la coscienza collettiva dell'umanità si espanderà a tal punto da sollevarsi oltre il piano puramente fisico, superando la legge dell'entropia in una sorta di metamorfosi cosmica. Aprendo una finestra nel velo fisico dell'esistenza, la coscienza collettiva dell'umanità intraprenderà un'ascesa continua nel mondo etero dell'illuminazione spirituale.

Non è difficile a questo punto capire perché molti accettano il credo non dimostrato che in un ambiente a crescita zero o comunque a basso flusso energetico la coscienza vada atrofizzandosi o quanto meno non possa svilupparsi. Quest'idea è la conseguenza di quell'altra che vede la coscienza coltivata e alimentata da qualsiasi frenetica attività fisica, a patto che sia finalizzata allo sviluppo. Seguendo questa linea di pensiero fino alla sua logica conclusione, saremo portati a credere che più intensi saranno i flussi energetici e maggiori quindi il disordine e la dissipazione creati nel mondo, più l'ambiente sarà adatto a coltivare la coscienza.

Evidentemente non è così: l'accelerazione della crescita fisica non assicura una crescita spirituale, avviene piuttosto il contrario. La trascendenza può venire solo dalla quiete e dal riconoscimento della bellezza dell'essere, non dalla lotta e dalla sofferenza del fare. Il Siddharta di Hermann Hesse doveva sedersi sulla riva del fiume e ascoltare in silenzio la corrente per diventare tutt'uno con essa e raggiungere l'illuminazione. Lo sviluppo umano nelle epoche moderne è stato comunque sempre collegato con l'opporsi al corso naturale delle cose. Ciò che caratterizza una civiltà colonizzante è il continuo tentativo di conquistare e soggiogare, noi stessi pensiamo all'illuminazione come a un qualcosa da «conquistare», mentre in realtà è qualcosa da «vivere». Più freneticamente ci agiamo per raggiungere l'illuminazione spirituale, più mostriamo di opporci allo svolgersi dei processi naturali e ci allontaniamo quindi proprio dalla illuminazione che cerchiamo.

Uomini e donne del giorno d'oggi hanno anche confuso erroneamente la perfezione tecnologica con il raggiungimento di più alte forme di coscienza, mentre in realtà è avvenuto che, più sono diventate sofisticate le nostre tecniche di manipolazione dell'ambiente, meno abbiamo prestato attenzione alle nostre necessità spirituali. I nostri obiettivi pratici cominceranno a coincidere con il progresso spirituale quando l'umanità deciderà di abbandonare la volontà di

dominio e inizierà ad adattarsi a un mondo che non deve essere fatto da noi, ma per il quale siamo fatti.

Un altro errore è quello di confondere qualsiasi processo in divenire con un progresso o evoluzione verso uno stato futuro di perfezione. Tutti abbiamo visto sbocciare una rosa, ma non ci è mai venuto in mente di vederla come il precursore imperfetto di un altro fiore perfetto che sboccherà in un lontano futuro, e neppure discutiamo sul valore di una rosa particolare: il suo essere al mondo è già sufficiente a giustificarla, la perfezione della rosa è nel suo esserci. Perché non dovrebbe essere la stessa cosa con l'umanità? Da decine- di migliaia di anni le persone non sono cambiate in termini di capacità fisiche e mentali. Così come una rosa è una rosa, ed è perfetta in sé, ogni vita umana è perfetta nel suo personale esserci.

Sembra una presa in giro continuare a basarci sulla fede in una progressiva evoluzione della coscienza collettiva dell'umanità, che vedrà il suo culmine in uno stato futuro di illuminazione universale, quando in realtà lo stato di perfezione è già presente. Finché non riconosceremo che la rivelazione e la coscienza cosmica sono alla portata di tutti, in qualsiasi momento, non accetteremo mai la piena responsabilità che invece è insita in ogni nostro gesto, né il nostro rapporto con il mondo che ci sta intorno. Continueremo a razionalizzare errori e omissioni dandone la colpa al nostro stato, che non è illuminato perché siamo ancora in fase di evoluzione. In altri termini: poiché non siamo ancora totalmente coscienti, non dovremmo essere ritenuti totalmente responsabili.

Se accettiamo pienamente la legge dell'entropia, non possiamo comunque sottrarci alla responsabilità globale nei confronti di ogni avvenimento del mondo in cui viviamo e che contribuiamo a determinare con la nostra presenza. Sarà piuttosto questa sensazione di responsabilità globale il primo passo per arrivare alla totalità della coscienza e all'illuminazione spirituale.

La legge dell'entropia dà una risposta a una domanda fondamentale con cui varie culture hanno dovuto confrontarsi nel corso della storia: come dovrebbero comportarsi gli esseri umani a questo mondo? Nonostante sia universalmente riconosciuto che l'uomo dovrebbe agire in modo da proteggere e favorire la vita, vi sono poi state innumerevoli dottrine indicanti le esatte modalità per raggiungere questo fine e, a questo punto, la legge dell'entropia dà una risposta che tutte le comprende. Conservare e favorire la vita in tutte le sue forme richiede energia. Maggiore è la quantità di energia disponibile, migliori sono le prospettive di ampliare le possibilità di vita anche in futuro. Il secondo principio ci insegna però che, in continuazione, a ogni evento, le riserve mondiali di energia vengono degradate e quindi, più energia ciascuno di noi consuma, meno ne resta per la vita in qualsiasi forma, dopo di noi. Allora l'imperativo morale definitivo è semplicemente quello di consumare la minor energia possibile. Così facendo noi esprimeremmo il nostro amore per la vita e il nostro impegno d'amore per lo sviluppo di tutte le forme di vita che verranno.

Per queste ragioni, quando parliamo di amore in senso universale, intendiamo quel profondo spirito di unità che ci pervade quando ci riconosciamo per quello che siamo: una parte inseparabile del tutto in divenire che è il processo della vita stessa.

L'amore non è antientropico come qualcuno sarebbe portato a credere. Se così fosse, esso si opporrebbe al divenire, perché divenire e flusso entropico vanno a braccetto; è vero piuttosto che l'amore rappresenta un impegno sublime proprio verso i processi che si stanno svolgendo. In questo senso, poiché la più alta manifestazione di amore è il sacrificio di sé, amore rappresenta anche la disponibilità alla rinuncia di se stessi, a dare la propria vita, se necessario, come alimento della vita stessa.

L'amore è una forza delicata e sottile che porta a una sensazione di totale consapevolezza di sé e di integrazione con il ritmo universale del divenire. Nell'esprimersi, l'amore riconosce l'esistenza di un progetto superiore che governa lo svolgersi del passaggio della vita nell'universo, pur ammettendo che sarà sempre impossibile capire fino in fondo i misteri che stanno dietro al progetto. Questo atteggiamento si pone sia come un atto di fede nella superiore bontà di tutto il processo cosmico, sia come un abbandonarsi incondizionato al ritmo naturale della corrente che, nel suo corso, trascina tutta la realtà fisica.

L'amore è allora un'esperienza da gustare. Non è un tentativo di accelerare, ma neppure di bloccare i processi del divenire perché, nella sua forma più pura, consiste semplicemente nell'assimilare quel ritmo cosmico universale che richiede soltanto di essere seguito e rispettato.

Alla fine, una nostra presenza individuale rimarrà per sempre nell'anima comune dello stesso processo evolutivo. Conservare al meglio il patrimonio finito che ci è stato lasciato e rispettare al meglio i ritmi naturali che governano i processi in atto: ecco come esprimere nella forma più sublime l'amore per la vita che ci ha preceduto e per la vita che ci seguirà. Essere consapevoli di questa duplice responsabilità è il primo passo della nostra trasformazione da una civiltà colonizzante a uno stato di climax. Siamo tutti al servizio di un unico mondo.

Poscritto

La specie umana sta entrando nel mondo dell'effetto serra. L'incipiente crisi energetica e la tendenza al riscaldamento globale rappresentano la più grande sfida alla sopravvivenza che la nostra specie abbia subito dall'inizio della storia. Per far fronte efficacemente a una sfida di questo genere, la specie umana ha bisogno di sviluppare una nuova visione del mondo che tenga conto dei limiti dettati dai principi della termodinamica e soprattutto della legge dell'entropia. Sono sette gli argomenti che ogni lettore dovrebbe tenere presenti nel considerare le leggi termodinamiche.

Primo argomento: la Terra è virtualmente un sistema chiuso. In termodinamica si fa riferimento a tre tipi di sistemi: sistemi isolati, che non scambiano né materia né energia con il mondo esterno; sistemi chiusi, che scambiano energia ma non materia; sistemi aperti che scambiano materia ed energia con l'ambiente esterno. La Terra è un sistema virtualmente chiuso rispetto al sistema solare, scambia energia con il Sole, ma, a tutti gli effetti pratici, non scambia materia con il resto del sistema solare. Se si eccettua qualche meteorite che può eventualmente cadere, o qualche poco di polvere cosmica, oltre agli occasionali satelliti lanciati nello spazio, non vi sono quantità significative di materia in entrata o in uscita dalla Terra.

Secondo argomento: in epoca storica, in nicchie geografiche isolate di determinate località del pianeta, si verificarono degli spartiacque entropici, cioè particolari riserve di materia-energia che una società si è abituata a utilizzare si esaurirono per effetto di forze naturali, o perché la popolazione le usava più rapidamente di quanto si

ricostituissero. Questi casi non devono assolutamente far temere che la morte termica finale del pianeta sia imminente, ci avvertono però che le risorse materiali ed energetiche correnti, costituite da combustibili fossili e combinazioni di certi metalli, si vanno esaurendo e richiedono che si passi a un nuovo contesto di materia-energia.

Terzo argomento: una base materiale-energetica completamente nuova diventa contesto per lo sviluppo di un nuovo insieme di tecnologie adatte a estrarre, a scambiare e poi a eliminare quelle particolari risorse di materia e di energia. Con i nuovi assetti tecnologici si creano nuove istituzioni, nuovi valori di riferimento e visioni del mondo. Per quanto la base materiale-energetica stabilisca il contesto, essa non può determinare rigidamente l'organizzazione che la società sceglie per trasformare le risorse ambientali in risorse utilizzabili per la vita. Anzi, le modalità tecniche, le istituzioni, i valori e le visioni del mondo possono variare moltissimo, devono però restare compatibili con la base materiale-energetica che stanno elaborando.

Quarto argomento: l'economia mondiale è ai primi passi di una storica transizione da una base energetica estrattiva fatta di combustibili fossili e metalli rari, a un'era solare fondata sulle risorse rinnovabili come fonti primarie di energia. Già due diverse metodologie stanno sviluppandosi su diversi fronti, con progetti molto differenti per organizzare le risorse biologiche della prossima era solare.

Al primo metodo si può approssimativamente dare il titolo di tecnologia ecologica: è una linea di ricerca che valorizza la compatibilità con i processi naturali di riproduzione. Il principio dominante è quello di far quadrare i nostri bilanci economici con quelli della natura, cioè ogni sforzo deve essere fatto per non consumare più di quello che la natura può pro-

durre. Si valorizzano le organizzazioni decentrate, le tecniche che usano il lavoro manuale, le diversità regionali con le loro capacità di autosufficienza e un uso equo e frugale delle risorse naturali. Si stanno già sviluppando con modalità differenti tentativi di tecnologia ecologica e relative infrastrutture in alcune comunità sparse per gli Stati Uniti.

Nello stesso tempo una via completamente diversa di riorganizzazione delle risorse rinnovabili sta emergendo proprio mentre ci si avvia verso l'era solare: si chiama ingegneria genetica. I grandi grappi industriali investono milioni di dollari nello sviluppo dell'ingegneria genetica, perché cominciano a rendersi conto che la storica transizione dall'era dei combustibili fossili a quella dell'energia solare e delle altre energie rinnovabili è già in arrivo. Pensando che la via delle tecnologie ecologiche per arrivare a un'organizzazione fondata, su risorse rinnovabili sia troppo lenta e inefficiente, almeno se si vogliono mantenere gli attuali livelli di «crescita», si sostiene che sia essenziale manipolare la biologia del pianeta per accelerare la conversione della materia vivente al di là dei tempi propri della natura, e poter così entrare nell'era solare con un indice di crescita in costante espansione.

Nei prossimi decenni si dovranno prendere decisioni abbastanza critiche in merito a quale dei due metodi di gestione delle risorse rinnovabili potrà avere il sopravvento.

È indispensabile capire bene la legge dell'entropia e i due principi della termodinamica, se si vuole evitare la follia di un'era solare geneticamente manipolata. Per un'analisi più dettagliata dei gravi pericoli di un'era solare all'insegna dell'ingegneria genetica vorrei proporre al lettore tre dei miei libri: *Algeny (Dall'alchimia all'algenia, 1994, ndr)*, *Declarations of a Heretic (Dichiarazione di un eretico, 1988, ndr)* e *Who Should Play God?*

Sono lavori in cui si esaminano le questioni ecologiche, economiche, politiche e morali sollevate dall'ingegneria genetica e dalla creazione artificiale della vita.

Quinto argomento: nel lunghissimo periodo, quando il sole sarà definitivamente morto, la Terra diventerà un pianeta sterile e freddo da considerare solo come granellino di polvere rotante nel gran teatro cosmico, In passato gli studiosi hanno sempre correlato il fenomeno entropico con la morte termica finale del sistema solare, concludendo che non ha molto interesse per la vita umana perché è un'eventualità situata nel lontano futuro. A differenza di quegli studi, il presente saggio concentra l'attenzione sull'entropia come processo e non come stato finale. Esamina i grandi cambiamenti ambientali per quanto concerne materia-energia qui sulla Terra, e le correlazioni tra gli esseri umani, i principi della termodinamica e il flusso entropico, allo scopo di fornire un quadro di riferimento che sia valido per qualsiasi successivo lavoro di analisi. Abbiamo esaminato, senza peraltro andare troppo a fondo, le tensioni e le battaglie politiche» culturali ed economiche che si verificano quando un popolo e una civiltà devono adattarsi a un mutamento radicale nell'ambiente delle loro risorse. La speranza è che il quadro concettuale che ne emerge» basato sui principi della termodinamica» spinga qualcun altro a guardare sotto una nuova prospettiva le dimensioni politiche, culturali ed economiche del cambiamento.

Sesto argomento: vi saranno persone che troveranno molto deprimente la legge dell'entropia. Può sembrare strano perché si tratta di una semplice legge fisica. In fondo, quando Copernico annunciò che l'universo non girava intorno alla Terra, molti dovettero sentirsi ugualmente depressi. Eppure l'umanità fece poi in modo di adattarsi alla realtà. Le leggi fisiche ci insegnano soltanto come funziona il mondo, è il modo con cui scegliamo di rapportarci a quelle leggi che determina la nostra struttura mentale. È perlomeno curioso sentire persone lamentarsi che il mondo fisico in realtà è finito e si avvicina alla morte istante dopo istante. Per quale motivo impegnarsi allora? Perché non andarsene subito? In più anche

la nostra vita obbedisce alla legge dell'entropia: il nostro cammino parte dalla nascita e prosegue fino alla morte. Il nostro stare al mondo non è infinito e, per quanto ci sforziamo, non c'è mezzo per superare questa realtà. Quando per le prime volte arriviamo a riconoscere la finitezza della nostra esistenza, generalmente non andiamo a dirci che, se tutto va degenerando (dalla nascita alla morte), non vi è ragione di preoccuparsi e darsi da fare. Anzi, per molti di noi la profonda consapevolezza del nostro essere mortali ci spinge per brevi momenti a vivere con saggezza ogni esperienza della vita e a giudicarla con rispetto e reverenza, sapendo che per ogni cosa che facciamo non esiste un fare alternativo né tantomeno uno che possa invertire il corso degli eventi. Sfortunatamente questi momenti di profonda consapevolezza della nostra situazione di esseri mortali sono rari e distanti tra loro, mentre impieghiamo il resto della nostra vita ad arrampicarci sui vetri per superare la legge dell'entropia. Ciò che verificiamo nella nostra personale esperienza vale anche per il resto del mondo fisico che ci circonda: così come è difficile accettare la nostra mortalità fisica e la irreversibilità della vita che abbiamo vissuto, altrettanto difficile ci riesce accettare la natura finita e irreversibile del mondo intorno a noi.

Il processo entropico non è né ottimistico né pessimistico, semplicemente descrive lo svolgersi della realtà fisica. È il modo che scegliamo per venire a patti, concettualmente, con questo processo a determinare il nostro punto di vista sia individualmente sia collettivamente. Venire a patti significa capire che l'entropia in sé non è né buona né cattiva: è vero che l'entropia rappresenta la decadenza e il disordine, ma incarna anche lo svolgersi stesso della vita. I valori entrano in gioco quando ci troviamo a decidere come interagire con il flusso entropico.

Ultimo argomento: come tutte le formulazioni scientifiche, l'entropia e i principi della termodinamica sono di natura antropocentrica. Tutte le leggi della scienza

rappresentano il nostro bisogno di capire nel miglior modo possibile i meccanismi della fisica.

La conoscenza delle leggi entropiche ci aiuta a capire il nostro rapporto con questa dimora fisica di cui siamo una piccola ma non trascurabile parte. L'entropia è come la gravità, una semplice legge della fisica, e dovrebbero cercare di capirlo coloro che vogliono negarne l'importanza, come anche quanti vogliono farne un'ideologia omnicomprensiva. Come concetto antropocentrico, l'entropia può aiutare a comprendere le regole fisiche nei cui limiti si svolge il gioco della vita. Come poi la partita viene giocata dipende dai valori e dalle visioni del mondo, dai desideri e dai capricci, dagli ideologismi e da tutti gli altri «ismi» partoriti dalla mente umana nel momento in cui le persone interagiscono tra di loro e con il loro ambiente.

Postfazione

La storia della termodinamica è stata, ed è ancora, insolitamente turbolenta, soprattutto a causa della singolare natura della legge dell'entropia. Nonostante i fenomeni fondamentali presi in considerazione dalla termodinamica siano noti all'umanità dagli albori della civilizzazione, gli stessi sono stati inquadrati in una costruzione scientifica soltanto un centinaio di anni fa. In epoche precedenti gli uomini di scienza non avevano mai prestato particolare attenzione a uno dei fenomeni più elementari e cioè che il calore passa sempre da un corpo più caldo a uno più freddo e mai viceversa. Al giorno d'oggi questa verità costituisce la più limpida formulazione del secondo principio della termodinamica, cioè, in pratica, della legge dell'entropia.

Uno degli aspetti più interessanti del secondo principio è quello di essere stato accettato molto prima degli altri due, il primo principio e il principio di equilibrio, nonostante questi ultimi ponessero meno interrogativi. Il primo principio stabilisce che l'energia non si può né creare né distruggere, cosa che implica un delicato passaggio teorico: ogni lavoro è una forma di energia. Il principio di equilibrio è stato aggiunto per ultimo come necessario supporto della termodinamica classica e stabilisce che due corpi, entrambi in equilibrio termico con un terzo corpo, se messi a contatto si trovano in equilibrio tra loro.

È curioso che l'accettazione del primo principio abbia incontrato tante difficoltà. Si potrebbe pensare che la mente umana sia un poco riluttante ad abbandonare la speranza di poter costruire una macchina che possa effettuare lavoro senza

consumare energia: il cosiddetto moto perpetuo della prima specie. Ancora nel 1880, quando la termodinamica era già una branca ben consolidata delle scienze naturali, bastava guardare nel primo numero di «Science», per vedere come fosse ancora forte la credenza dell'elettricità come sorgente illimitata di forza motrice.

Nel corso del successivo cammino della scienza, è stata la legge dell'entropia a tirare il primo colpo al dogma meccanicistico che regnava sovrano dai tempi degli spettacolari successi della meccanica newtoniana in astronomia. Secondo quel dogma ogni processo può svolgersi in un senso ma anche in senso inverso e, come annunciò Laplace nella sua celebre apoteosi della meccanica, tutto in natura consiste di semplice moto senza altre specifiche di qualità. Di fronte alla crisi di queste verità, i puristi replicarono, e in parte lo fanno ancora, che la termodinamica non ha la stessa legittimità delle altre scienze naturali perché alcuni suoi concetti sono antropomorfi (come se qualsiasi altro concetto potesse avere diversa origine!). In effetti, la legge dell'entropia implica una distinzione ben radicata nella struttura degli esseri umani, perché in una delle sue formulazioni chiede di distinguere qualitativamente tra due forme di un'energia, la cui somma è comunque quantitativamente costante. Vi sarebbe una forma di energia disponibile, che noi possiamo utilizzare per i nostri scopi, e un'altra forma di energia non più disponibile che, per usare le parole di Lord Kelvin, è «irrimediabilmente persa per l'uomo anche se non è stata annullata». Questo punto consegue dal principio messo in evidenza per la prima volta da N.L.S. Carnot in una celebre memoria del 1824: «Ogni macchina termica che funziona per cicli producendo lavoro meccanico ha bisogno di due sorgenti che si trovino a temperature diverse».

Proprio come avviene nel caso di un peso che produce lavoro meccanico cadendo da un punto più in alto a un altro più in basso, così l'energia termica non può azionare una

macchina a cicli se non «cade» verso un più basso livello di temperatura. Lo stesso Carnot interpretava erroneamente questo paragone cercando di dargli una identità analitica. E ancora, come il peso non può più fornire alcun lavoro meccanico quando raggiunge il punto più basso possibile, così l'energia termica è «irrimediabilmente persa per l'uomo» quando si trova alla più bassa temperatura disponibile.

Quella che si va a negare in questo modo è la possibilità di moto perpetuo della seconda specie e cioè quello di una macchina che funzioni per cicli, impiegando l'energia termica di un'unica sorgente. Non dobbiamo però dimenticare di notare che questa impossibilità non avrebbe più luogo se fossimo creature non necessariamente confinate in spazi finiti e potessimo quindi usare macchine non funzionanti per cicli, oppure se fossimo creature per le quali il tempo non conta e che possono quindi utilizzare macchine che, muovendosi con velocità infinitesima, non incontrano attriti. L'unica ragione che colloca il moto perpetuo di seconda specie al di fuori della nostra portata è la finitezza della condizione umana. Solo su questa base si può andare a dire che la termodinamica puzza di antropomorfismo.

Dopo che Rudolf Clausius ebbe definito l'entropia come un indice relativo (relativo alla temperatura) dell'energia non disponibile in un sistema isolato, oggi parliamo di entropia in continuo e irreversibile aumento dando l'impressione che questo aumento venga misteriosamente dal nulla, quello che si trascura di solito è che l'aumento corrisponde a una diminuzione dell'energia disponibile. Per tentar di dare una rappresentazione semplice di questo fenomeno, in realtà complesso, paragonerei il sistema isolato a una clessidra che non si possa rivoltare e che pertanto segna il vero passare del tempo.

Nella sua formulazione un pò misteriosa e dopo che il grande fisico A.S. Eddington ebbe a salutarla come supremo principio della natura, la legge dell'entropia è diventata

insolitamente attraente. Il concetto di entropia è stato tradotto in altri campi del sapere, virtualmente in tutti: comunicazioni, biologia, economia, sociologia, psicologia, scienze politiche e perfino nell'arte. Il colpevole è Claude Shannon. In un suo lavoro pionieristico del 1948, Shannon notò che il numero medio dei significati rilevati per ogni segno, in un codice dialettale, poteva essere espresso dalla stessa formula proposta da Boltzmann per l'entropia e di conseguenza denominò quel valore medio «entropia dell'informazione». Da quel momento il termine ci è rimasto attaccato. Una trasformazione semantica che ha introdotto altra confusione è quella che ha portato a identificare la conoscenza come fenomeno di entropia negativa. Shannon perlomeno dimostrò la sua levatura di studioso denunciando nel suo articolo del 1956, *The Bandwagon*, l'assurdità di una tendenza che ha gonfiato il concetto (l'entropia come informazione) facendogli assumere un'importanza superiore ai suoi meriti reali. Nessuna meraviglia, comunque, che la parata del re nudo continui ancora.

Se si considera che la legge dell'entropia proclama le irreversibilità, era naturale che questa legge dovesse provocare un gran fermento attorno alla domanda di sempre: che cos'è la vita? Accettando la legge dell'entropia ci si trova davanti a un dilemma: se l'universo materiale è costantemente soggetto a un processo irreversibile di degradazione, come possono svilupparsi al suo interno delle strutture viventi, in grado di sopravvivere e anche espandersi? Fu indubbiamente questo pensiero che spinse alcuni dei grandi pionieri della termodinamica a formulare alcune riserve sulla legge dell'entropia. Ben presto Hermann von Helmholtz iniziò a chiedersi se la trasformazione inversa, cioè l'energia non disponibile che diventa disponibile, «fosse impossibile anche per le delicate strutture dei tessuti viventi». Ancora più a proposito ricordiamo che la prima formulazione della legge, dovuta a Lord Kelvin, suonava così: «È impossibile, *per mezzo di*

forze inanimate, ottenere lavoro meccanico da qualsiasi porzione di materia raffreddandola al di sotto della temperatura del più freddo dei corpi che stanno intorno» (il corsivo è aggiunto).

La questione arrivò ad aperto conflitto sull'onda di uno scontro epistemologico. Molto tempo prima che la legge dell'entropia fosse stata formulata, Karl Ernst von Baer (1792-1896) aveva respinto il dogma, allora imperante, che l'uovo è un adulto in miniatura, scoprendo l'ovulo dei mammiferi. Questa scoperta lo aveva indotto a proclamare che l'eterogeneo emerge dall'omogeneo. Più tardi Herbert Spencer fece sì che quest'idea assurgesse a livello delle più importanti leggi di natura. Dopo di lui altri studiosi come George Hirth e Felix Auerbach e filosofi come Henry Bergson e Alfred North Whitehead insistettero ancora su questa singolare proprietà che ha la vita di andare contro il flusso di degrado proprio della materia inerte. L'accusa di misticismo gettata addosso a questi filosofi crolla se soltanto si considerano le seguenti verità:

Primo, la legge dell'entropia si applica solo a sistemi completamente isolati, mentre invece un organismo vivente, come sistema aperto, scambia materia ed energia con il suo ambiente. Non si ha contraddizione con la legge dell'entropia in quanto l'aumento di entropia dell'ambiente compensa e supera la diminuzione di entropia dell'organismo.

Secondo, la legge dell'entropia non determina la velocità della degradazione; questa può essere accelerata, come lo è da tutti gli animali, o addirittura rallentata, per esempio dalle piante verdi.

Terzo, la stessa legge non determina i tipi di strutture che possono emergere da un caos entropico. Come esempio chiarificatore: la geometria determina la lunghezza delle diagonali di un quadrato ma non il colore del quadrato. Dire se il quadrato sarà, poniamo, verde, è una questione diversa a cui è impossibile rispondere.

La termodinamica ci insegna cose che già Boltzmann e, più recentemente, Erwin Schrödinger ebbero a dire, e cioè che

ogni organismo deve continuamente assorbire dall'ambiente le risorse per abbassare la sua entropia, altrimenti andrebbe rapidamente degradandosi secondo un normale cammino entropico, ma nella legge dell'entropia non esistono smagliature tali da giustificare la pretesa che l'esistenza di strutture viventi segni la fatale decadenza dei principi della termodinamica. La verità, quale oggi possiamo dire di conoscere, è che la vita non rappresenta la fine di tutto il corpo delle leggi chimico-fisiche, ma piuttosto che il comportamento di ogni organismo biologico, come peraltro anche quello di ogni composto chimico, è una delle possibili risultanti delle proprietà degli elementi che lo compongono.

Questa breve storia è stata completata, in epoca recente, da un capitolo molto importante. Nella nostra mentalità occidentale, oppressa dalla complessità delle informazioni, la termodinamica ha preferito prendere in esame l'energia, perché, intesa come «sostanza» omogenea, è più trattabile analiticamente che non la materia eterogenea. La termodinamica non ha quindi posto granché l'accento su quanto avviene alle strutture materiali delle macchine, se non in relazione alle perdite di energia disponibile per il lavoro non utile contro l'attrito. Oggi invece, il fatto che la materia disponibile (per restare al termine espressivo usato da Lord Kelvin) possa diventare non più disponibile, è diventato così elementare ed evidente come lo era per l'energia in caso di analoghe trasformazioni. E questo non è tutto: elementare ed evidente è pure il fatto che, nella finitezza della nostra esistenza, non possiamo riciclare né le molecole di gomma disperse dai pneumatici delle auto, né gli atomi di rame sfuggiti alle monete, né le molecole di fosfati dissipate dai fertilizzanti chimici, e così via per tutte le nostre attività. Queste particelle di materia sono «irrimediabilmente perse per l'uomo». Possiamo riciclare solamente materiali recuperabili, dove l'oggetto è soltanto non più integro: vetri rotti, strumenti guasti; in una parola: «ferraglia».

La nostra descrizione delle trasformazioni entropiche andrebbe a questo punto completata con un'altra legge di natura, il quarto principio della termodinamica, anche se la terminologia non è molto appropriata. Si potrebbe enunciarlo in alcune diverse formulazioni:

A: La materia non più disponibile non può essere riciclata.

B: Un sistema chiuso (cioè un sistema che non può scambiare materia con l'ambiente) non può compiere lavoro indefinitamente con velocità costante.

Un principio del genere enuncia quello che la legge dell'entropia stabilisce per l'energia. Una delle differenze è che, diversamente dal sistema isolato che tende verso la morte termica (quando tutta l'energia è non più disponibile), il sistema chiuso tende verso il caos (quando tutta la materia-energia è non più disponibile). Dobbiamo comunque trattenerci dal parlare di un'entropia della materia come entità misurabile. Esiste un'entropia misurabile per l'energia in quanto l'energia è omogenea; i materiali in massa sono invece eterogenei, basta dare un'occhiata alla tavola di Mendeleev. I fattori di dissipazione della materia variano pertanto, in maniera notevole, da sostanza a sostanza e quindi per ora non possiamo racchiudere tutte le forme di dissipazione della materia in un'unica formula generale. Questo non significa che la dissipazione non esista e che non sia irrimediabile o che non si possa parlare di degradazione generalizzata della materia-energia verso forme non più disponibili.

In questa nuova luce, i problemi della specie umana connessi all'entropia appaiono più complicati di quanto si possa pensare semplicemente di fronte alla crisi energetica. Primo» perché la ricetta di uno stato stazionario non si può più considerare come salvezza ecologica (senza per questo rifiutare i valori etici e sociali che Herman Daly porta a sostegno). Secondo, perché ogni tecnologia per essere valida dovrebbe poter usare impianti che durano fintantoché è disponibile il

carburante specifico. Se si considerano soltanto i flussi di energia, come si fa oggi di solito, si può essere indotti in errore. L'impiego diretto dell'energia solare non costituisce oggi una tecnologia praticabile, nonostante si continui a proclamare il contrario. Vi sono tecnologie fattibili, per esempio il metodo per mandare un uomo sulla Luna, ma non praticabili in altri contesti perché fortemente dipendenti dalla tecnologia attuale. E gli esempi potrebbero continuare. Non riconoscere questi aspetti alimenta false speranze, e quindi pericolose, nella testa della gente.

Un punto anche più interessante nella storia della termodinamica è l'arroventata controversia, spesso portata al di là del ragionevole, che è sorta attorno alla irreversibilità, in pratica attorno alla unidirezionalità del tempo e dello scorrere della coscienza umana. In questa discussione si è sempre visto venire a galla lo speciale attaccamento della nostra mente alle spiegazioni meccanicistiche. Possiamo ricordare che Lord Kelvin, nelle sue Baltimore Lectures del 1894, riconosceva di essere in grado di capire un processo solo se riusciva a rappresentarlo con un modello meccanico. È naturale quindi che la legge dell'entropia, che espressamente nega che l'energia termica possa muoversi spontaneamente tra due corpi, in entrambe le direzioni, non sia mai stata accettata molto spontaneamente dal mondo scientifico. E così tutti i fisici, salvo poche voci di protesta, furono felici quando Boltzmann tirò fuori l'idea che i fenomeni termodinamici fossero il risultato di movimenti di molecole, per esempio le molecole di un gas, obbedienti a leggi deterministiche della meccanica classica combinate con un fattore di casualità.

In questo caso il dogma meccanicistico aveva trionfato ancora e non ci stupisce che da allora sia rimasto la parola d'ordine della termodinamica. Ma i guasti provocati da questo punto di vista probabilistico nella nostra *Weltbild* (immagine del mondo) e poi nella nostra *Weltanschauung* (visione del mondo) non dovrebbero passare inosservati.

Finché il fondamento logico della termodinamica resta quello probabilistico in qualsivoglia formulazione, la trasformazione spontanea di energia non disponibile in energia disponibile resta un evento improbabile ma non impossibile. Possiamo sempre sperare in un trucco da prestigiatore che renda possibile a comando questa trasformazione e aumenti quindi le nostre riserve energetiche, e possiamo anche ragionevolmente pensare che una speranza così corposa sia responsabile dei frequenti appelli a credere che la legge dell'entropia potrà un giorno essere rigettata.

Sfortunatamente questa fede si basa solo sui summenzionati problemi della mente umana connessi all'entropia. In particolare nasce dal fatto che l'uomo ha superato il lento e incerto cammino biologico della naturale evoluzione dell'ambiente quando ha iniziato a produrre organi esosomatici, cioè strumenti, a partire da risorse inanimate. La radice della scarsità economica non ha origine solo dalla finitezza di queste risorse, ma anche dalla loro irrimediabile degradazione entropica. Precisamente per queste ragioni, quindici anni fa nella mia analisi sulla natura entropica degli aspetti materiali del processo economico ritenni necessario esporre in dettaglio quanto fosse ingannevole l'accoppiamento tra il concetto di probabilità e le leggi rigorose della meccanica.

Una riprova di quanto il mio sforzo fosse valido sta nella trovata estemporanea con cui Peter L. Auer, un professionista della fisica, ebbe a dichiarare che la legge dell'entropia non va contro al concetto di crescita economica indefinita. Sarebbe come se un professionista dell'economia dicesse: «Agite come capita, troveremo una strada».

E' piuttosto difficile spiegare come una concezione del genere abbia preso piede. Certamente i fondatori delle teorie economiche neoclassiche erano infatuati dal dogma meccanicistico a quel tempo imperante, anche se alcuni economisti tenevano conto dell'esistenza del primo principio. Uno per tutti, Alfred Marshall riconobbe esplicitamente che

noi non siamo in grado di produrre né materia né energia, produciamo soltanto Utilities, risorse utilizzabili. Resta comunque il fatto che tutti gli economisti moderni hanno trascurato di prendere atto della legge dell'entropia e così nessuno di loro si è mai chiesto come si arrivi a produrre queste risorse utilizzabili. Detto in poche parole, la scienza economica corrente (intendendo quella oggi più accreditata) ha completamente ignorato la speciale funzione delle risorse naturali esauribili nelle modalità di comportamento degli esseri umani, funzione che emerge da tutti i grandi passaggi della storia e particolarmente dalla storia delle guerre. Non solo le risorse esauribili sono assenti dalla teoria economica ufficiale, ma soltanto la crescita economica è «l'obiettivo forte» della scienza economica, com'ebbe a proclamare con orgoglio sir Roy Harrod, e in effetti, modelli economici in cui la continua crescita esponenziale era stata data per certa hanno avuto i più ampi riconoscimenti. Naturalmente il dichiarare che portare avanti la crescita è impresa specialistica da economisti, costituisce il modo più sicuro per diffondere una generale ammirazione verso la categoria.

Dopo l'embargo petrolifero del 1973-74 alcuni economisti, quasi di nascosto, modificarono un poco le loro posizioni. Walter Heller, un'eccezione, arrivò ad ammettere che gli economisti «si erano tenuti un po' troppo bassi con i loro parametri». Sarebbe stato più corretto dire «su per aria» che non «bassi». Oggi, per la maggior parte, gli economisti si mantengono ostinatamente legati all'idea che il meccanismo dei prezzi sia in grado di prevenire qualsiasi grave crisi da scarsità. Il fatto è, notava William Miernik, che con il prezzo del petrolio di quei tempi, un pieno di benzina valeva come un bicchiere d'acqua e questo aveva avviato la tecnologia e l'economia degli Stati Uniti in una direzione che tutti oggi criticano. Per la mania generalizzata dello sviluppo e la fede intoccabile degli economisti nel meccanismo dei prezzi, vi sono persone che ambiscono a possedere accessori totalmente assurdi come un

carrello da golf, mentre innumerevoli altri passano la loro breve vita soffrendo al di là dell'immaginabile.

Per quanto si verifichi, anche se occasionalmente, che chi ha più mezzi si preoccupa di chi oggi non ne ha, l'umanità nel suo complesso non fa quasi nulla per proteggere le generazioni future da possibili catastrofi. Vari progetti sono stati proposti in diverse occasioni, per esempio il mio progetto bioeconomico. La sola ragione per cui sono rimasti virtualmente ignorati è la difficoltà di modificare i parametri di valore correnti, a livello nazionale, ma soprattutto a livello internazionale. Diventa pertanto sempre più necessario che tutti noi ci rendiamo conto dei pericoli che presenta» per la nostra specie, un comportamento basato sull'interesse personale e sull'accrescimento dei benefici alla propria persona, invece che sul tentativo di rendere minime le future occasioni di pentimento.

La legge dell'entropia, nella sua formulazione più ampia» pone dei limiti a certe modalità di comportamento della specie umana» limiti che coinvolgono le generazioni del presente e del futuro in una comune avventura, a nostra conoscenza senza precedenti. Da quando, piuttosto recentemente, l'importanza di questi limiti è apparsa chiara, anche perché l'abbondanza (in termini entropici) degli ultimi duecento anni si sta rapidamente avviando alla fine, dobbiamo trasformare e rimodellare il nostro modo di affrontare l'evoluzione economica» politica e sociale. Jeremy Rifkin è particolarmente adatto a esporre tutta questa problematica in modo chiaro e convincente» sgombrando da dettagli tecnici non essenziali. Questo libro è stato scritto con la stessa maestria e il medesimo acume che gli hanno procurato il plauso nei suoi saggi precedenti. Chi scrive sulla legge dell'entropia corre il rischio di cadere vittima della moda cercando di fare impressione con complicate ma sterili esercitazioni. Jeremy Rifkin è riuscito a muoversi con sicurezza tra le numerose applicazioni di un formale parallelismo che ha immaginato esistente tra le trasformazioni entropiche e i

fenomeni sociali: la termodinamica stabilisce i limiti entro i quali devono stare questi fenomeni, ma non ne determina il corso. Per il suo valore educativo sempre attuale e il suo potere decisamente stimolante, questo libro dovrebbe avere un posto di rilievo in ogni biblioteca pubblica o privata, in modo da poter diffondere il comandamento impostoci dal presente momento di svolta nella vita dell'umanità sul pianeta: «Ama la specie tua come te stesso»!

Nicholas Georgescu-Roegen
Vanderbilt University Febbraio
1980

Note

Parte prima **Visioni del mondo**

1. Irving M. Mintzer, «A Matter of Degrees: The potential for Controlling the Greenhouse Effect», in World Resources Institute, Research Report #5, aprile 1987, Foreword, i.
2. A.M. Solomon, «The Global Cycle of Carbon», R.M. Rotty e C.D. Masters, «Carbon Dioxide from Fossil Fuel Combustion: Trends, Resources, and Technological Implications», e R.A. Houghton, «Carbon Dioxide Exchange Between the Atmosphere and Terrestrial Ecosystems», in John R. Trabalka, Atmospheric Carbon Dioxide and The Global Carbon Cycle, U.S. Government Printing Office, Washington D.C. 1985.
3. Ramanathan, Trace Gas Trends and their Potential Role in Climate Change, in «Journal of Geophysical Research», XC, 1985 nn 5547-66.
4. **Ibid.**
5. Anthony Ramirez, A Warming World, in «Fortune», 4 luglio 1988, p. 104.
6. A Gaping Hole in the Sky, in «Newsweek», 11 luglio 1988, p. 22.
7. National Aeronautics and Space Administration (a cura di), Knowledge of the Upper Atmosphere, gennaio 1986, e Environmental Protection Agency (a cura di),

- Analysis of Strategies for Protecting the Ozone Layer, lavoro per il Working Group Meeting, Ginevra, gennaio 1985.
8. A Gaping Hole in the Sky, cit., p. 21.
 9. Ibid., p. 22
 10. Ibid, p. 23.
 11. Ibid.
 12. Knowledge of the Upper Atmosphere, cit., e Analysis of Strategies for Protecting the Ozone Layer, cit.
 13. Gordon J. Macdonald, Climate Change and Acid Rain, The MITRE Corporation, McLean, Virginia, dicembre 1985.
 14. National Research Council (a cura di), Global Change in the Geosphere- Biosphere, National Academy Press, Washington D.C. 1986
 15. Macdonald, op. cit.
 16. The Heat is On, in «New York Times», 26 giugno 1988.
 17. G.H.M. Krause, Forest Decline in Europe: Possible Causes and Etiology, lavoro presentato all'International Symposium on Acid Precipitation (Ontario, Canada, settembre 1985), in «Allgemeine Forest Zeitschrift» n, 46, 1985 e n. 41, 1986.
 18. «Allgemeine Forest Zeitschrift», n. 46, 1985 e n. 41,1986.
 19. G.H.M. Krause» art. cit.
 20. Bryon W. Bachel, «The Acidification of the Soils», e B. Ulrich, «Production and Consumption of Hydrogen Ions in the Ecosphere», in T.C. Hutchinson e M. Havas (a cura di), Effects of Acid Precipitation on Terrestrial Ecosystems, Plenum Press, New York 1980.
 21. Acid Rains, in «East-West Journal», ottobre 1977, p. 23.

22. D.W. Schindler, Long-Term Ecosystem Stress: The Effect of Years of Experimental Acidification on a Small Lake, in «Science», 21 giugno 1985.
23. H.J. Ewers, Zur Monetarisierung der Waldschaden in der Bundesrepublik Deutschland, lavoro presentato al Symposium on Costs of Environmental Pollution, Bonn, 12-13 settembre 1985.
24. A.H. Moore, A 'Warming World, in «Fortune», 4 luglio 1988, p. 104.
25. Ibid. e IM. Mintzer. art. cit., Foreword, i.
26. James E. Hansen, The Greenhouse Effect: Impacts on Current Global Temperature and Regional Heat Waves, rapporto presentato al «Senate Committee on Environment and Natural Resources», 23 giugno 1988.
27. Ibid.
28. Jill Jaeger, Developing Policies for Responding to Climate Change, The Beijer Institute's World Climate Programme - Impact Studies, Stockholm, aprile 1988. [Bellagio Report], p. 11.
29. Ibid., p. 10.
30. Ibid., p. 11.
31. Andrew C. Revkin, Endless Summer: Living with the Greenhouse Effect, in «Discover», 27 settembre 1988, p. 50.
32. Ibid.
33. Ibid.
34. Ibid.
35. Ibid.
36. James Hansen, NASA's Goddard Institute for Space Studies, citato in 'The Endless Summer?', «Newsweek», 11 luglio 1988, p. 20.
37. Ibid., pp. 18-19.
38. W.R. Rangel, Irrigation and Drainage in the World, lavoro presentato alia International Conference on

- Food and Water, Texas A & M University, 26-30 maggio 1985,
39. Ibid.
40. Anthony Ramirez, art. cit., p. 107.
41. Walter Roberts, presidente emerito del National Center for Atmospheric Research (NCAR), citato in ibid. p. 105.
42. Anthony Ramirez, art. cit., p. 105.
43. Bellagio Report, art. cit., p. 12.
44. Erik Eckholm, «Disappearing Species: The Social Challenge», in Worldwatch Paper n. 22, Worldwatch Institute, giugno 1978, p. 7.
45. Report Urges Greenhouse Action Now, in «Science», 1 luglio 1988, p. 23.
46. Bellagio Report, art. cit., pp. 1-2.
47. Anthony Ramirez, art. cit., pp. 104-105.
48. Ibid., p. 104.
49. Bellagio Report, art. cit.
50. j.B. Bury, Storia dell'idea di progresso, Feltrinelli, Milano 1964, p. 21.
51. Esiodo, Le opere e i giorni, Rizzoli, Milano 1958, P- 17.
52. Ibid., p. 19.
53. John Herman Randall, The Making of the Modern Mind, Houghton Mifflin. Cambridge. Mass. 1940. n. 34.
54. Dante Germino. Modern Western Political Thought: Machiavelli to Marx, Rand McNally, Chicago 1972, p. 166.
55. Francesco Bacone, La nuova logica, Laterza, Bari 1957, vol. I, Aforisma 67, p. 108.
56. Ibid., vol. I, Aforisma 71, p. 114.
57. John Herman Randall, op. cit., p. 223.
58. Ibid., p. 224.

59. Theodore Roszak, *Where the Wasteland Ends*, Doubleday/Anchor Books, Garden City, N.Y, 1973, pp. 144-145.
60. John Herman Rendali, *op. cit.*, p. 224.
61. Jean Houston, «Prometheus Rebound: An inquiry into Technological Growth and Psychological Change», in Dennis Meadows (a cura di), *Alternatives to Growth I*, Ballinger, Cambridge, Mass. 1977, p. 274.
62. John Herman Randall, *op. cit.*, p. 241.
63. *Ibid*, p. 241-42.
64. *Ibid*, p. 259.
65. *Ibid*.
66. Alfred North Whitehead, *La scienza e il mondo moderno*, Boringhieri, Torino 1979, p. 65.
67. Leo Strauss, *Diritto naturale e storia*, Pozza, Venezia 1957, p.245.
68. John Locke, *Trattato sul governo*, Editori Riuniti, Roma 1974, p. 75.
69. *Ibid*. p. 75.
70. *Ibid*. p. 82.
71. *Ibid*. pp. 78-79.
72. *Ibid*. p. 86,
73. *Ibid* n 82
74. Adam Smith. *Indagine sulla natura e le cause della ricchezza delle nazioni*, Mondadori, Milano 1977, p. 442.

Parte seconda **La legge dell'entropia**

1. Theodore Roszak, *Where the Wasteland Ends*, Doubleday/Anchor Books, Garden City, N.Y. 1973, p. 139.

2. Isaac Asimov, In the Game of Energy and Thermodynamics You Can't Even Break Even, in «Smithsonian», agosto 1970, p. 9.
3. Ibid., p. 6.
4. Herman E. Daly, ho Stato stazionario, Sansoni, Firenze 1981, p. 32.
5. Nicholas Georgescu-Roegen, The Steady State and Ecological Salvation, in «Bioscience», aprile 1977, p. 268.
6. Ibid., p. 6.
- 7» Bertrand Russell, La visione scientifica del mondo, Laterza, Bari 1982, p. 80.
8. Stanley Angrist e Loren Hepler, Demons, Poetry and Life: a Thermodynamic View, in «Texas Quarterly», X, settembre 1967, pp. 27-28.
9. Ibid.
10. Ibid, p. 29.
11. Bertrand Russell, op. cit. p. 63.
12. Nicholas Georgescu-Roegen, The Entropy Law and the Economic Process, Harvard University Press, Cambridge, Mass. 1971, pp. 6-7.
13. Stanley Angrist e Loren Hepler, art. cit., p. 30,
14. G. Tyler Miller Jr., Energetics, Kinetics and Life, Wadsworth, Belmont, Calif. 1971, p. 46.
15. Philip P. Weiner (a cura di), Dictionary of the History of Ideas, Scribner's. New York 1973, vol. II, p. 113.
16. P.A.Y. Gunter (a cura di), Bergson and the Evolution of Physics, University of Tennessee Press, Knoxville, Tenn. 1977, p. 63.
17. William Thompson (Lord Kelvin), «Proceedings of the Royal Society of Edimburgh», VIII, 1874, pp. 325- 31. Citato in «American Scientist», ottobre 1949, p. 559.
18. Harold E Blum, Time's Arrow and Evolution, Princeton University Press, Princeton, N.J. 1968, p. 94.

19. Erwin Schrödinger, *Scienze e umanesimo. Cos'è la vita?*, Sansoni, Firenze 1970, p. 177, p. 130.
20. Leslie A. White, «Tools, Techniques and Energy», in D. Hammond (a cura di), *Cultural and Social Anthropology*, Macmillan, New York 1964, p. 23.
21. G. Tyler Miller Jr., op. tit., p. 291.
22. Ibid.
23. Leslie A. White, op. tit., p. 23.
24. Alfred J. Lotka, *Contribution to the Energetics of Evolution*, in «Proceedings of the National Academy of Science», VIII, 1922, p. 149. Vedi anche: Alfred J. Lotka, *The Law of Evolution as a Maximal Principle*, in «Human Biology», XVII, settembre 1945, p. 136.

Parte terza **Entropia: un nuovo contesto storico**

1. Harry Rothman, *Murderous Providence: A Study of Pollution in Industrial Societies*, Bobbs-Merrill, New York 1972, p. 34.
2. Lynn White Jr., «Technology in the Middle Ages», in Melvin Kranzberg e Carroll W. Purrell Jr. (a cura di), *Technology in Western Civilization*, Oxford University Press, New York 1967, p. 72.
3. William McNeill, *Plagues and People*, Doubleday/Anchor Books, Garden City, N.Y. 1976, p. 147.
4. Lewis Mumford, *Tecnica e cultura, Il Saggiatore*, Milano 1961, p. 139.
5. Ibid., p. 120.
6. Eugene Ayres, «The Age of Fossil Fuels», in William L. Thomas Jr. (a cura di), *Man's Role in Changing the Face of the Earth*, University of Chicago Press, Chicago 1956, p. 368.

7. Edmund Howes (a cura di), *Stow's Annals*, London 1631, citato in W.H.G. Armytage, *A Social History of Engineering*, London 1961.
8. Richard Wilkinson, *Poverty and Progress*, Praeger, New York 1973, p. 90, p. 102.
9. Friedrich Engels, *La situazione della classe operaia in Inghilterra*, Editori Riuniti, Roma 1978, pp. 104- 105.
10. Jacques Eli uh *La tecnica rischio del secolo*, Giuf- fré, Milano 1969 n 109
- .11. *Ibid*, p. 119.
12. Eugene S. Schwartz, *Overskillh The Decline of Technology in Modern Civilization*, Quadrangle, New York 1971, p. 72.
13. *Innovation: Has America Lost Its Edge?* in «*Newsweek*», 4 giugno 1979, pp. 58-59.
14. *Environmental Quality, Ninth Annual Report of the Council on Environmental Quality*, U.S. Government Printing Office, Washington D.C. 1978, p. 437.
15. *Environmental Quality, Fifteenth Annual Report of the Council on Environmental Quality*, U.S. Government Printing Office, Washington D.C. 1984, p. 614.
16. *Informazioni del National Petroleum Institute.*
- 17 *Innovation: Has America Lost Its Edge?*, cit, p. 59.

Parte quarta **Le energie non rinnovabili e l'avvicinarsi dello spartiacque entropico**

1. Fred C. All vine e Fred. A. Tarpley Jr., «*The New State of the Economy: The Challenging Prospect*», in *U.S. Economic Growth from 1976 to 1986: Prospects, Problems and Patterns*, Studies for the Joint Econo

- mic Committee of the U.S. Congress, U.S. Government Printing Office, Washington D.C. 1976, p. 58.
2. Wilson Clark, *Energy for Survival*, Doubleday/Anchor Books, Garden City, N.Y. 1975, p. 70.
 3. Resources for the future, in «Annual Report», Washington D.C. 1972, p. 12.
 4. United States Department of Energy - Office of Energy Markets and End Use - Energy Information Administration (a cura di), «Annual Energy Review 1.987», p. 5. Id., *International Energy Outlook 1987, With Projection to the Year 2000*, 1987, p. 22.
 5. Wilson Clark *op. cit.* p. 70
 6. *International Energy Outlook 1987, With Projection to the Year 2000*, *cit.*, p. 1.
 7. Frank H. Oram, World Population Society (dati statistici non pubblicati), Washington D.C., agosto 1978.
 8. Our Population Predicament: A New look, in «Population Reference Bureau Inc.», XXXIV, n. 5, dicembre 1979.
 9. Lester R. Brown, Worldwatch Institute, State of the World 1988, ISEDI, Torino 1988, pp. 208-209.
 10. Robert L. Heilbroner, Boom and Crash, in «The New Yorker», 28 agosto 1978, p. 70.
 11. William Ophuls, The Scarcity Society, in «Skeptic», luglio-agosto 1974. pp. 50-51.
 12. Lee Schipper, Energy: Global Prospects 1985-2000, in «Bulletin of Atomic Scientists», marzo 1978, p. 58.
 13. *Ibid.*
 14. Hobart Rowen. Oil Supply Adequate. Possibly to 1990s. Trilateral Commission Study Concludes, in «Washington Post», 14 giugno 1978, p. D9.
 15. Emile Benoit, The Coming Age of Shortages, part I, in «Bulletin of the Atomic Scientists», marzo 1978, p. 9.

16. Lester R. Brown, *Il ventinovesimo giorno*, Sansoni, Firenze 1980, p. 101.
17. Lester R. Brown, *op. cit.*, p. 58.
18. Complex Systems Research Center (CSRC) Study (a cura di), University of New Hampshire, 1982.
19. *Ibid.*
20. Hall, C.J. Cleveland e R. Kaufmann, *Energy and Resource Quality: The Ecology of the Industrial Process*, John Wiley & Sons, 1986.
21. *Ibid.*
22. Emile Benoit, *art. cit.*, p. 9.
23. Worldwatch Institute, *op. cit.*, p. 33.
24. U.S. Department of Energy, *Strategic Plan for the Civilian Reactor Development Program*, ottobre 1985.
25. Safe Energy Communication Council and Public Citizen (a cura di), *Turning Down the Heat: Solutions to Global Warming*, Washington D.C. 1988, p. 17.
26. David Dickinson, *Nuclear Power Uneconomic Says Congressional Committee*, in «Nature», 11 maggio 1978, p. 91.
27. Helen Caldicott, *Nuclear Madness*, Autumn Press, Brookline, Mass. 1978, p. 43.
28. Commissione nazionale dell'Unione Sovietica per l'utilizzo dell'energia (a cura di), *The Accident at the Chernobyl Nuclear Power Plant and its Consequences*, rapporto informativo per ^International Atomic Energy Agency Experts' meeting», Vienna, 25-29 agosto 1986.
29. *Ibid.*
30. Bureau Europeen des Unions De Consomma- teurs (a cura di), *Chernobyl: The A ftermath*.
31. Swiss Plan Nuclear Meeting (a cura di), *European Energy Report*, in «Financial Time Business Information», 19 settembre 1986.

32. Francis X. Cline, Chernobyl Shakes Reindeer Culture of Lapps, in «New York Times», 14 settembre 1986.
33. Così di Chernobyl, in «European Energy Report» e Chernobyl Costs Put at \$3 Billion, in «Journal of Commerce», 22 settembre 1986.
34. Stuart Diamond, Two Experts Foresee Deaths for 24,000 Tied to Chernobyl, in «New York Times», 27 agosto 1986.
35. Proiezioni del Worldwatch Institute,
36. Andrew Holmes, The Ratchet Turns Again on Safety and Economics, in «Financial Times Business Information - Energy Economist», giugno 1986.
37. Helen Caldicott, op. cit., p. 51.
38. Ibid., p. 23.
39. Office of Technology Assessment (a cura di), The Effects of Nuclear War, U.S. Government Printing Office, Washington D.C. 1979.
40. Luther J. Carter, Radioactive Wastes: Some Urgent Unfinished Business, in «Science», 18 febbraio 1977, p. 61.
41. Office of Technology Assessment - U.S. Congress (a cura di), Transportation of Hazardous Materials, luglio 1986, p. 221.
42. Turning Down the Heat, cit., p. 24.
43. Surveying the Radioactive Waste Dilemma: An Overview, in «Critical Mass Energy Project», Washington D.C., agosto 1978, p. 5,
44. Valutazioni del Worldwatch Institute.
45. Scandia National Laboratory (a cura di), Estimates of the Financial Consequences of Nuclear Power Reactor Accidents, rapporto preparato per la «Nuclear Regulatory Commission», Washington D.C. 1982.

46. James Cook, Nuclear Follies, in «Forbes», 11 febbraio 1985.
47. W. Jackson Davis, The Seventh Year: Industrial Civilization in Transition, Norton, New York 1979, p. 65.
48. Wilson Clark, op. cit., p. 320.
49. Malcolm W. Browne, Fusion Power: Is There Still an Eldorado for Energy?, in «New York Times», 15 aprile 1979, p. E9.
50. Ibid.
51. Amory Lovins, «A Light on the Soft Energy Path», in Stephen Lyons (a cura di), Sun: A Handbook for the Solar Decade, Friends of the Earth, San Francisco 1978.
52. Sam Love, The New Look of the Future, in «The Futurist», XI, aprile 1977, p. 80.
53. Richard England e Barry Bluestone, «Ecology and Social Conflict», in Herman E. Daly (a cura di), Toward a Steady State Economy, Freeman, San Francisco 1973, p. 196.
54. Preston Cloud, «Mineral Resources in Fact and Fancy», in Herman E. Daly (a cura di), Toward a Steady State Economy, Freeman, cit.
55. Ibid.
56. U.S. Long Term Economic Growth Prospects: Entering a New Era, studi preparati per il «Joint Economic Committee of the U.S. Congress», U.S. Government Printing Office, Washington D.C., 25 gennaio 1978.
57. Edward Goldsmith, «Settlements and Social Stability», in Dennis Meadows (a cura di), Alternatives to Growth I, Ballinger, Cambridge, Mass. 1977, p. 331.
58. Lester R. Brown, «Resource Trends and Population Policy; A Time for Reassessment», in Worldwatch Paper, n. 29, maggio 1979.

59. Emile Benoit, art. cit.
60. William Ophuls. *Ecology and the Politics of Scarcity*, Freeman San Francisco 1977 n 87
61. S.I. Blum. *Tapping Resources in Municipal Solid Waste*, in «Science», CXCI, 1976, pp. 669-75.

Parte quinta **L'entropia e Fera industriale**

1. Barry Commoner, *La povertà del potere*, Garzanti, Milano 1976, p. 221.
2. Ibid., p. 221.
3. «Beyond Oil», in John Geier e al., *The Threat to Food and Fuel in the Coming Decades*, Ballinger Publishers, Cambridge, Mass. 1986, p. 55.
4. Barry Commoner, op. cit., p. 222,
5. United States Department of Commerce (a cura di), *Survey of Current Business*, agosto .1988, p. 85.
6. Barry Commoner, op. cit., p. 229-30.
7. Ibid., p. 228.
8. Leslie Ellen Nulty, «Understanding the New Inflation: The Importance of Basic Necessities», in *Exploratory Project for Economic Alternatives*, Washington, D.C. 1977, pp. D19-20.
9. Ibid, pp. D26-30.
10. *Economic Report of the President 1988*, U.S Government Printing Office, Washington D.C. 1988, p. 299.1 dati si riferiscono alla media delle entrate settimanali di tutto il settore privato non agricolo.
11. *Environmental Quality*, 1984, p. 614.
12. *Environmental Quality*, Ninth Annual Report of the Council on Environmental Quality, U.S. Govern ment Printing Office, Washington D.C. 1978, p. 270.

13. «Bureau of Labor Statistics», ottobre 1988.
14. Herman E. Daly, *Lo Stato stazionario*, Sansoni, Firenze 1981, p. 25.
15. Herman E. Daly, «The Economic Thought of Frederick Soddy», in *History of Political Economy*, vol. 12, n. 4, Duke University Press, Durham N.C. 1980, pp. 469-88.
16. *Ibid.*, p. 475.
17. *Ibid.*, p. 475.
18. Dennis Hayes, *Rays of Hope*, Norton, New York 1977, p. 91.
19. Dati tratti da: U.S. Department of Commerce, International Trade Administration (a cura di), *The 1988 Industrial Outlook*, 1988, pp. 7-2, 7-4 e 7-5.
20. Orville Schell, *Inside the Food Technological Bazaar*, in «Mother Jones», febbraio-marzo 1979.
21. Fonte: «Institute for Local Self-Reliance», Washington, D.C. 1988.
22. Jackson W. Davis, *The Seventh Year*, Norton, New York 1979, p. 126.
23. Barbara Ward, *La casa dell'uomo*, Mondadori, Milano 1976, p. 82.
24. G. Tyler Miller Jr., *Energetics, Kinetics and Life: An Ecological Approach*, Wadsworth, Belmont, Calif. 1971, p. 306.
25. Walter Scott (a cura di), *The Works of Jonathan Swift*, Edimburgh 1814, XII, p. 176.
26. U.S. Department of Agriculture (a cura di), *Agricultural Statistics 1987*, U.S. Government Printing Office, Washington D.C. 1987, p. 1.
27. Wilson Clark, *Energy for Survival*, Double-day/Anchor Books, Garden City, N.Y. 1975, p. 170.
28. Fred Warshofsky, *Doomsday: The Science of Catastrophe*, Pocket Books, New York 1979, p. 223.

29. Environmental Quality, 1978, dt., p. 270.
30. Peter Farb, Humankind, Houghton Mifflin, Boston 1978, pp. 181-82.
31. Wilson Clark, op. cit., p. 179.
32. Fred Harris, The New Populism, Saturday Review Press, New York 1973, p. 85.
33. Food: Green Grow the Profits, ABC Television.
34. Ibid.
35. Wilson Clark, op. cit., p. 171.
36. Agricultural Statistics 1987, p. 414.
37. G. Tyler Miller jr., op. cit., p. 300.
38. Environmental Quality, 1978, cit., p. 276.
39. Wilson Clark, op. cit. ', p. 172.
40. U.S. Department of Agriculture (a cura di), Commercial Fertilizers Consumption Report, U.S. Government Printing Office, Washington D.C. 1988.
- At. Agricultural Statistics 1987, p. 1.
42. Economic Analysis Branch, Benefits and Use Division, Office of Pesticides Programs, Environmental Protection Agency (a cura di), Pesticide Industry Sales and Usage: 1986 Market Estimates, agosto 1987.
43. Environmental Quality, 1978, op. cit., p. 278.
44. Ibid., p. 277.
45. Wilson Clark, op. cit., p. 173.
46. Environmental Quality, 1978, cit., p. 274.
47. Lester R. Brown, Il ventinovesimo giorno, Sansoni, Firenze 1980, p. 49.
48. Wilson Clark, op. cit., p. 174.
49. Worldwatch Institute, The Global Environment and Basic Human Needs, relazione per la Commissione per la qualità ambientale, Washington D.C. 1978.
50. Transportation Association of America (a cura di), Facts and Trends, 12^a ed., Washington D.C. 1976, p. 3.

51. Emma Rothschild, *Il automobile, fine di un'era*, Feltrinelli, Milano 1974, p. 21.
52. Energy Information Administration, Office of Markets and End Use, United States Department of Energy (a cura di), *Annual Energy Review 1987*, Washington D.C. 1988.
53. Wilson Clark» op. cit., p. 162.
54. Ibid, pp. 157-61.
55. Ibid n. 160.
56. **Ibid.**
51. Barry Commoner, op. cit., p. 186.
58. A.Q. Mowbray, *Road to Ruin*, Lippincott, Philadelphia 1969, p. 15.
59. K.R. Schneider, *Autokind vs. Mankind*, Schoecken, New York 1972, p. 123.
60. Department of Transportation, Federal Highway Administration (a cura di), *Highway Statistics*, 1988. I redditi riportati sono una media annuale dei redditi familiari forniti dalla Federal Reserve.
61. Fonte: R.L. Polk & Company, Taylor, Mi, Secondo Folk, nel 1987 sono state registrate 27.732 nuove auto al giorno e ne sono state vendute 28.158.
62. A.Q. Mowbray, op. cit., p. 15.
63. Helen Leavitt, *Superhighway; Superhoax*, Ballanti- ne, New York 1971, p. 13.
64. National Safety Council Facts 1987, U.S. Government Printing Office, Washington D.C. 1987,
65. Helen Leavitt, op. cit., p. 257.
66. Fonte: «The United States Department of Transportation, Federal Highway Traffic Safety Administration».
67. Helen Leavitt, op. cit., p. 20.
68. U.S. Department of Transportation (a cura di), *Federal Highway Statistics*, 1988.

69. Wilson Clark, op. tit., p. 158.
70. Lester R. Brown, op. tit., p. 2.
71. A.Q. Mowbray, op. tit., p. 14.
72. Ibid., p. 12.
73. Helen Leavitt, op. tit., p. 6.
74. A.Q. Mowbray, op. tit., p. 68.
75. John Dillin, Potholes, Ruts Crumbling Asphalt Mark Interstate Highway, in «The Christian Science Monitor», 4 settembre 1987.
76. Scott Ridley, op. tit., p. 4.
77. Federal Highway Administration, Office of Engineering Bridge Division (a cura di), Highway Bridge Replacement and Rehabilitation Program, ottavo rapporto annuale al Congresso, 1987, p. 9.
78. A.Q. Mowbray, op. tit., p. 33.
79. Robert Goodman, Oltre il piano, Il Saggiatore, Milano 1973, p. 89.
80. The National Clean Air Coalition (a cura di), The Clean Air Act: A Briefing Book for the Members of Congress, Washington D.C. 1985, p. 120.
81. A.Q. Mowbray, op. tit., p. 71 e Wilson Clark, op. tit., p. 110.
82. Harold M. Schmeck Jr., Lower Level Lead Exposure Tied to Child Brain Damage, in «New York Times», 29 marzo 1979, p. A18.
83. Ibid.
84. Irving M. Mintzer. A Matter of Degree: The Potential for Controlling the Greenhouse Effect. in «World Resources Institute, Report #5», aprile 1987, Foreword i.
85. Drift Away from Big Cities Goes On, in «U.S. News and World Report», 15 novembre 1976.
86. Jackson W. Davis, op. tit., p. 197.

87. Murray Bookchin, *I limiti della città*, Feltrinelli, Milano 1975, p. 108.
88. Kirkpatrick Sale, *The Polis Perplexity: An Inquiry into the Size of Cities*, in «Working Papers», gennaio-febbraio 1978, p. 75.
89. *Drift Away from Big Cities Goes On*, cit.
90. «USA By Numbers: a statistical portrait of the United States», in Susan Weber (a cura di), *Zero Population Growth*, Washington D.C. 1988, pp. 12, 13 e 26.
91. Kirkpatrick Sale, art. cit., p. 66.
92. Barbara Ward, op. cit., p. 52.
93. 1986 World Population Data Sheet, a cura di «Population Reference Bureau».

Lewis Mumford, «The Natural History of Urbanization», in William L. Thomas Jr. (a cura di), *Man's Role in Changing the Face of the Earth*, University of Chicago Press, 1956.

Murray Bookchin, op. cit., p. 52.

A. Woldman, *The Metabolism of Cities*, in «Scientific American», CCXIII, 1965, pp. 178-90.

Mary Thornton, *Food Exports Threatened by Loss of Farmland in U.S.*, in «Washington Star», 26 novembre 1979, p. 2.

A. Woldman, art. cit.

Wilson Clark, op. cit., p. 197.

Ibid.

Kirby e Prokopovitsch, *Technological Insurance Against Shortages in Minerals and Metals*, in «Science», XCCI, 1976, pp. 713-19

Nancy Humphrey et al. *The Future of Cleveland's Capital Plant e The Future of New York City's Capital Plant*, Urban Institute, Washington D.C. 1979.

Inadvertent Climate Modification - pubblicazione con il sostegno della Reale accademia svedese delle scienze e della Reale accademia svedese di ingegneria - MIT Press, Cambridge, Mass. 1971, p. 12.

Kirkpatrick Sale, art. cit., p. 67.

Ibid., pp. 68-69.

Barbara Ward, op. cit., p. 373; Kirkpatrick Sale, art. cit., p. 70.

Who Takes Out the Garbage in D.C.?, in «Building System Design», ottobre-novembre 1975; Kathy Sylvester, Monumental Garbage Problem, in «Washington Star», 14 agosto 1979, p. B1.

Kirkpatrick Sale, art. cit.

Leopold Kohr, Il crollo delle nazioni, Edizioni di Comunità, Milano 1960.

Environmental Quality, 1978, cit.; Drift Away from Big Cities Goes On, cit,

Fonte: «Committee For a Sane Nuclear Policy», Washington D.C. 1988.

Fonte: «Center for Defense Information», Washington D.C. 1988.

Seymour Melman, Beating Swords into Subways, in «New York Times Magazine», 19 novembre 1978.

Ibid.

John K. Cooley, Oil Crunch Worries U.S. Military, in «Christian Science Monitor», 17 maggio 1979, p. 17.

Ibid.

Tristram Coffin, Conversion, the Answer to Inflation and Recession, in «Washington Spectator», 1 febbraio 1979.

Marion Anderson, Michael Frisch e Michael Oden, The Empty Porkbarrel: The employment cost

of the military buildup of 1981 to 1985, Employment Research Associates, Lansing, Mich. 1986.

Marion Anderson, The impact of Military Spending on the Machinist Union, International Association of Machinists, Washington D.C., gennaio 1979.

Tristram Coffin, art. cit.

Fonte: «The Bulletin of Atomic Scientists», SANE, Washington D.C. 1979.

Fonte: «Center for Defense Information», Washington D.C. 1979.

Ibid.

Tristram Coffin, art. cit.

John Hooper, MX Missile Raises Specter of Massive Land Grab, in «Wilderness Report», Wilderness Society, Washington D.C., gennaio 1979.

Lettera di Robert F. Bennett al presidente Jimmy Carter, 2 ottobre 1978.

Verbale del Congresso, 27 giugno 1979, pp. S8740-43.

Intervista telefonica a Earl Ravenal, ottobre 1979.

Your Taxes, Your Choices, libro bianco pubblicato da Coalition for a New Foreign and Military Policy, Washington D.C. 1979.

Fonte: «National Defense Clearing House» 1979

Eugene Schwartz. *Overskill: The Decline of Technology in Modern Civilization*, Quadrangle, New York 1971, p. 216.

Dennis Hayes, op. cit., p. 209.

1What Could Your Tax Dollars Buy?, SANE, Washington D.C., dicembre 1978.

Citazione da Long-Term Economic Growth, audizione di Nicholas Georgescu-Roegen davanti al «Joint Economic Committee», 9 novembre 1976, p. 15.

Henry Adams, *The Degradation of the Democratic Dogma*, Macmillan, New York 1949.

Fonte: «U.S. Department of Commerce, Industry and Trade Administration». Si valuta che nel 1979 la spesa in pubblicità avrebbe raggiunto i 47,23 miliardi di dollari, Comunicato stampa ITA 79-1 3 gennaio 1979

Jerry Mander, *Four Arguments for the Elimination of Television*, Morrow Quill, New York 1978.

Vincent E. Giuliano, «The Mechanization of Office Work», in Tom Forester (a cura di), *The Information Technology Revolution*, MIT Press, Cambridge, Mass. 1985, p. 301. Secondo una stima di esperti, a partire dal 1988, il 60% circa dei lavoratori americani sarà collegato a un terminale elettronico. Alla data indicata vi erano più di 350.000 computer nelle scuole di tutto il Paese, a Wall Street in ogni istante il numero di computer che comunicano tra loro è cinque volte quello delle persone. Vedi anche Craig Brod, *Technostress*, Addison-Wesley, Reading, Mass. 1984, pp. 1-5.

Peter Schrag, *Mind Control*, Pantheon, New York 1978, pp. 33-34.

Ibid, p. 33.

Ibid., p. 43.

Comunicazione personale. Fonte: «Subcommittee on Labor, Health and Human Services, Education and Related Agencies of the Appropriations Committee of the United States House of Representatives», ottobre 1988.

Is Anyone Out There Listening?, inchiesta televisiva della CBS News, parte I e II, 22-23 agosto 1978.

Ibid.

Ibid.

Ibid.

Ibid.

Ibid.

Martín V. Meiosi, *Garbage in the Cities: Refuse Reform, and the Environment, 1880-1980*, Texas A & M University Press, College Station, Texas 1981.

National Research Council, *Causes and Effects of Changes in Stratospheric Ozone: Update 1983*, National Academy Press, Washington D.C. 1984.

The Trashing of America, in «Omni», febbraio 1988, p. 40.

Ibid.

The Sudden Rise of the Red-Bag Business, in «New York Times», 27 marzo 1988,

Fonte: «National Solid Wastes Management Association Survey», citato in Ibid.

Environmental Task Force (a cura di), *Temik Follow-Up*, Washington D.C. 1985, p. 4.

U.S. General Accounting Office {a cura di}, *Pesticides: Need to Enhance FDA's Ability to Protect the Public From Illegal Residues*, Washington D.C., ottobre 1986, p. 47.

Pesticides: EPA's Formidable Task to Assess and Regulate Their Risks, Washington D.C., ottobre 1983.

Environmental and Energy Study Institute, *A Congressional Agenda to Prevent Groundwater Contamination: Building Capacity to Meet Protection Needs*, Washington D.C. 1986, p 46.

Ibid.

Pesticides, op. cit.

Environmental Protection Agency, Office of Water (a cura di), *Lead and Your Drinking Water*, Washington D.C., aprile 1987.

Ibid.

State Asbestos Programs Related to Asbestos Hazard Emergency Response Act, National Conference of State Legislatures, gennaio 1988.

Scott Ridley, The State of the States 1988, Renew America Project-Fund for Renewable Energy and the Environment, Washington D.C. 1988, p. 2.

Ozone Pollution Is Found at Peak in Summer Heat, in «New York Times», 31 luglio 1988.

Ibid. -

Anatasia Toufenis, The Dirty Seas, in «Time», 1 agosto 1988, pp. 44-46.

Ibid. n. 46.

Ibid.

Ibid., p. 46.

Ibid., p. 47.

Don't Go Near the Water, in «Newsweek», 1 agosto 1988, p. 43.

Anatasia Toufenis, art. cit., p. 48.

Ibid.

Scott Ridley, op. cit., p. 2.

Thomas McKeown, «A Historical Appraisal of the Medical Task», in Gordon McLachlan e Thomas McKeown (a cura di), Medical History and Medical Care, Oxford University Press, London 1971, p. 36.

HEW, National Center for Health Statistics (a cura di), United States Chart book: Health, Washington D.C. 1976-77, pp. 1-5.

Bernard Dixon, Beyond the Magic Bullet, Harper & Row, New York 1978, p. 3.

Comunicazione personale. Fonte: «Subcommittee on Labor, Health and Human Services», cit.

Bernard Dixon, op. cit., p. 226.

Ivan Uli eh. Nemesi medica, Mondadori, Milano 1977, p. 35.

Bernard Dixon, op. cit., pp, 72-74.

Ted Howard e Jeremy Rifkin, Who Should Play God?, Delacorte» New York 1977, p. 199.

Milton Silverman e Philip Lee, Pills, Profits and Politics, University of California Press, Berkely 1974.

Ibid.

Ivan Mich, op. cit., p. 23,

Fonte: «House Subcommittee on Oversight and Investigations», riportato in «Washington Star», aprile 1977.

John B. McKinlay e Sonia M. McKinlay. The Questionable Contribution of Medical Measures to the Decline of Mortality in the U.S. in the Twentieth Century. in «Milbank Memorial Fund Quarterly: Health and Society», estate 1977, p. 425.

John B. McKinlay e Sonja M. McKinlay, /I Refutation of the Thesis That the Health of the Nation Is Improving, relazione su parte di un progetto di ricerca realizzato grazie a donazioni del «Milbank Memorial Fund» (alla Boston University) e del «Carnegie Fund» (al Radcliffe Institute), pp. 412-14.

Michael J. Canlon, EPA Cites U.S. Environment as a Leading Death Cause. in «Washington Post» 27 agosto 1978.

Emi le Benoit, A Dynamic Equilibrium Economy, in «Bulletin of the Atomic Scientists» febbraio 1976.

«East West Journal», agosto 1977, p. 13.

Ralph C. Dougherty et al., «Sperm Density and Toxic Substances: A Potential Key to Environmental Health Hazards» in J.D. McKinney (a cura di), Environmental Health Chemistry - The Chemistry of Environmental Agents as Potential Human Hazards,

- Ann Arbor Science Publishers, Inc., Ann Arbor, Mich. 1980.
- William Ophuls, op. tit., pp. 78-79.
- Herman E. Daly, op. tit., pp. 193-94.
- Douglas M. Costle, amministratore, Defense by Disaster: Proving the Value of Environmental Protection, Conferenza EPA, Washington D.C., 29 marzo 1979.
- Stewart T. Herman, The Health Costs of Air Pollution, «American Lung Association», Fairfax, Va. 1977.
- U.S. Congress, Office of Technology Assessment (OTA) (a cura di), Acid Rain and Transported Air Pollutants: Implications for Public Policy, U.S. Government Printing Office, Washington D.C. 1984.

Parte sesta **Entropia: una nuova visione del mondo**

1. World Conference, The Changing Atmosphere: Implications for Global Security, Conference Statement, Toronto, giugno 1988, p. 10.
2. The Endless Summer?, in «Newsweek», 11 luglio 1988, p. 20.
3. Ibid
4. Lester R. Brown. State of the World. 1987: A Worldwatch Institute Report on Progress Toward a Sustainable Society, Norton. New York 1987. n. 182.
5. I. Darmstadler. How Industrial Societies Use Energy: A Comparative Analysis. John Hopkins University Press. Baltimore 1977.
6. Bill Keenin. Greenhouse Warming: A Rationale for Nuclear Power?, audizione davanti a «House Com

mittee on Science», «Space and Technology Subcommittee on Natural Resources», «Agricultural Research and Environment» e «Subcommittee on Science, Research and Technology», 29 giugno 1988.

7. B.J. Friedan e K. Baker, *The Market Needs Help: The Disappointing Record of Home Energy Conservation.*, in «Journal of Policy Analysis and Management», II, 1983, pp. 432-48.

8. David B. Goldstein, *Refrigerator Reform: Guidelines for Energy Gluttons*, in «Technology Review», LXXXVI (II), 1983, pp. 36-46.

9. Ibid.

10. Ibid.

11. Eric Hirst, *Evaluation of Utility Home Energy Audit (RCS) Programs*, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tenn., febbraio 1984.

12. David B. Goldstein, art. cit., pp. 36-46,

13. Elizabeth Tucker, *Energy-Standard Veto: No One Won, Groups Say*, in «Washington Post», 5 novembre 1986.

14. U.S. Department of Energy (a cura di), *Residential Energy Consumption Survey: Consumption and Expenditures*, U.S. Government Printing Office, Washington D.C. 1982.

15. Audizione di Claudine Schneider davanti a «House Committee on Science», «Space and Technology Subcommittee on Natural Resources», «Agricultural Research and Environment» e «Subcommittee on Science, Research and Technology», 29 giugno 1988.

16. Federal Highway Administration, Office of Traffic Operations (a cura di), *Ridesharing Statistics*, 1987, U.S. Government Printing Office, Washington D.C. 1987.

17. Claudine Schneider, *op. cit.*
18. Committee of Energy and Commerce (a cura di), Report on Building a Sustainable Future (SERI), U.S. Government Printing Office, Washington D.C., vol. 1, aprile 1981.
19. Bill Keenin *op. cit.*
20. American Council for an Energy Efficient Economy (a cura di). The Role of Federal Research and Development in Advancing Energy Efficiency: A Multi-Million Dollar Contribution to the U.S. Economy. Washington D.C., settembre 1987, p. 3.
21. Claudine Schneider, *op. cit.*
22. Milgram, citato in Charles Papke, Plastic Recycling as a Business in «Resources Recycling», settembre-ottobre 1986 e Robert C. Letcher e Mary T. Sheil, «Source Separation and Citizen Recycling», in William D. Robinson (a cura di), The Solid Waste Handbook, John Wiley & Sons, New York 1986.
23. R.C. Letcher e M.T. Sheil, *art. cit.*
24. S.L. Blum, Tapping Resources in Municipal Solid Waste, in «Science», CLXXXI, 1976, pp. 669-75.
25. David Morris, «A National Resource Recovery Policy Emerging», in Building Economic Alternatives, Co-op America, Washington D.C. 1985.
26. Walter Liang-Ting Hang e Steven A. Romalewski, The Burning Question: Garbage Incineration Versus Total Recycling in New York City, New York Public Interest Research Center, New York 1986.
21. Aluminum Association (a cura di). Statistical Review for 1985. e Reynolds Aluminum Will Close Its New Jersey Recycling Centres, in «New York Times», 20 maggio 1984.

28. Richard Keller. Purchases of Recycled Paper: An Important Tool for Market Development, in «Resource

Recycling», luglio-agosto 1983, e Clifford Case e Richard Keller, *Buying Recycled Paper: The Story Continues*, in *Ibid.*, luglio-agosto 1985.

29. Shigeo Egusa, *A Second Life for Wastepaper*, in «*Journal of Japanese Trade and Industry*», n. 6, 1985.

30. Organization for Economic Co-operation and Development (OECD), «*Household Waste: Separate Collection and Recycling*» (Parigi 1983), e William U. Chandler, «*Materials Recycling: The Virtue of Necessity*», in *Worldwatch Paper*, n. 56, Worldwatch Institute, Washington D.C., ottobre 1983.

31. Dennis Hayes, *Rays of Hope*, Norton, New York 1977, p. 139.

32. Claudine Schneider, *op. cit.*

33. Philip H. Abelson, *Electric Power from the North*, in «*Science*», 28 giugno 1988.

34. John Gever, *Beyond Oil*, Ballinger Publishing Co., Cambridge, Mass. 1986, p. 127.

35. *Ibid.*, p. 132» Tabelle 4-11.

36. *A Gaping Hole in the Sky*, in «*Newsweek*», luglio 1988, p. 21.

37. USDA, ERS (a cura di), *China: Outlook and Situation Report*; Perry e Wong, *Reform in Post-Mao China-*, Vaclav Smil, *The Bad Earth: Environmental Degradation in China*, M.E. Sharpe Inc., Armonk, N.Y. 1984.

38. Bill Keepin, *op. cit.*

39. *Ibid.*

40. **Public Citizen Condemns Nuclear Provisions of Johnston-Wirth Global Warming Bill**, Comunicato

stampa del 28 luglio 1988.

41. Bill Keepin, *op. cit.*

42. *Ibid.*

43. Per informazioni sulle varie tecniche solari si veda: Dennis Hayes, *Rays of Hope*, *cit.* e Stephen Lyons

(a cura di), Sun, A Handbook for the Solar Decade,

Friends of the Earth, San Francisco 1978.

44. Ibid.

45. Fonte: «Resources for the Future», Washington D.C., giugno 1979

46. W. Jackson Davis. The Seventh Year: Industrial Civilization in Transition, Norton, New York 1979, p. 69.

47. Wilson Clark, Energy for Survival, Doubleday/Anchor Books, Garden City, NY. 1975, p. 115.

48. Tristram Coffin, Conversion, the Answer to Inflation and Recession, in «Washington Spectator», 1 febbraio 1979.

49. E.F. Schumacher, Buon lavoro, Red edizioni, Como 1995, p. 30.

50. Murray Bookchin, «Technology for Life» in Stephen Lyons (a cura di) op. cit.

51. William Oshuls. Ecology and the Politics of Scarcity, Freeman, San Francisco 1977.

52. Howard Odum, «Net Energy from the Sun», in Stephen Lyons (a cura di), op. cit.

53. Richard Munson, Ripping off the Sun, in «The Progressive», settembre 1979, p. 13.

54. Dennis Hayes, op. tit., p. 20.

55. Donald C. Winston, There Goes the Sun, in «Newsweek», 3 dicembre 1979 n. 35.

56. Nicholas Georgescu-Roegen. Technology Assessment: The Case of the Direct Use of Solar Energy. in «Atlantic Economic Journal», n. 6, dicembre 1978 p. 20.

57. Richard Munson, art. tit., p. 12.

58. Ibid., p. 13.

59. Ibid, p. 14.

60. Lawrence A. Mayer, Climbing Back from Negative Growth, in
«Fortune» agosto 1975.
61 Emile Benoit, The Coming Age of
Shortages, part I,

in «Bulletin of Atomic Scientists», gennaio 1976, p, 14.

62. The Hunger Project, San Francisco, Calif. 1978.

63. Anil Agarwal, New Strategy for World Health, in «New Scientist», 22 giugno 1978, p. 821.

64. C.T. Kurien, A Just, Participatory and Sustainable Society: A Third World Perspective, lavoro presentato alla «Conference on Faith, Science and the Future, World Council of Churches», Boston, Mass., 12-24 luglio 1979.

65. Herman Daly, The Ecological and Moral Necessity for Limiting Economic Growth, lavoro presentato alla «Conference on Faith, Science and the Future, World Council of Churches», Boston, Mass., 12-24 luglio 1979.

66. Graham Hovey, More Crowding Forecast in World's Poorer Cities, in «New York Times», 16 agosto 1979, p. D1. *

67. Boyce Rensberger, Expert Says Only Hope to Feed World Is with Food Production Unlike That in U.S., in «New York Times», 8 dicembre 1976, p. A19.

68. O.A. El Kholv, Science, Technology and the Future: An Arab Perspective, lavoro presentato alla «Conference on Faith, Science and the Future, World Council of Churches», Boston, Mass., 12-24 luglio 1979.

69. Robert L. Heilbroner, La prospettiva dell'uomo, Etas libri, Milano 1975, p. 54.

70. E.F. Schumacher, Buon lavoro, cit., p. 111.

71. Tutti i riferimenti in questo paragrafo sono in Goldian Van den Broeck (a cura di), Less Is More, Harper & Row, New York 1978,

72. Ibid.

73. E.F. Schumacher, Piccolo è bello, Mondadori, Milano 1978, p. 40.

74. Hazel Henderson, *Creating Alternative Futures*, Windhover, Berkeley 1978, p. 394.
75. C.W. Hollister, «Twilight in the West», in L. White Jr., *The Trasformation of the Roman World*, University of California Press, Berkeley 1966, p. 204.
76. Barry Commoner, *La povertà del potere*, Garzanti, Milano 1976, p. 184.
77. Howard S. Gellor, «Progress in the Energy Efficiency of Residential Appliances and Space Conditioning Equipment», in *Energy Sources: Conservation and Renewables*, American Institute of Physics, New York 1985.
78. Ibid.
79. Ibid.
80. Keith Schneider, *Scientists Trying to Give Crops an Edge Over Nature's Forces*, in «New York Times», 1 agosto 1988.
81. Jonathan B. Tucker, *Amaranth: The Once and Future Crop*, in «Bioscience», gennaio 1986.
82. Ibid.
83. Sam Love, *The New Look of the Future*, in «The Futurist», aprile 1977, p. 78.
84. E.F. Schumacher, *Piccolo è bello*, cit., pp. 124-25.
85. W.Jackson Davis, op. cit., pp. 217-18.
86. Nicholas Wade, *Nicholas Georgescu-Roegen: Entropy: the Measure of Economic Man*, in «Science», 31 ottobre 1975.
87. Bertrand Russell, *La visione scientifica del mondo*, Laterza, Bari 1982, p. 59.
88. John Lukacs, *The Passing of the Modern Age*, Harper Torchbooks, New York 1970, p. 152.
89. Bertrand Russel, *La visione scientifica del mondo*, cit., p. 64.
90. Ibid.

91. Max Born, *L'universo in movimento*, Feltrinelli, Milano 1960, p. 220.
92. Will Lepkowski, *The Social Termodynamics of Ilya Prigogine*, in «Chemical & Engineering News», 16 aprile 1979, n. 33.
93. George Vecsey, *Buddhism in America*, in «New York Times Magazine», 3 giugno 1979, p. 30.
94. *Religion in America, The Gallup Opinion Index, 1977-78*.
95. Richard Quebedeaux, *The Young Evangelicals*, Harper & Row, New York 1974, pp. 127-28.
96. Henlee H. Barnett, *The Church and the Ecological Crisis*, Erdmans, Grand Rapids, Mich. 1972, p. 69, e anche Francis A. Schaeffer, *Pollution and the Death of Man: The Christian View of Ecology*, Tyndale House, Wheaton, 111. 1970, p. 37.
97. Henlee H. Barnett, op. tit., pp. 78-79.
98. Francis A. Schaeffer, op. tit., pp. 91-92.
99. Henlee H. Barnett, op. tit., pp. 81.
100. Francis A. Schaeffer, op. tit., pp. 49-50.
101. Id., *How Should We Then Live?*, Fleming Re veil, Tappan, N.J. 1976.
102. Ibid.
103. Wendell Berry, *The Unsettling of America*, Avon, New York 1977, p. 20.
104. «Entropy Concept in Philosophy», in Libor Rubai e Jiri Zeman, *Entropy and Information in Science and Philosophy*, Elsevier, New York 1975, p. 240.

Bibliografia

Parte prima **Visioni del mondo**

- Adams, I L, *The Degradation of the Democratic Dogma*, Macmillan, New York 1949.
- Bacone, F., *La nuova logica*, Laterza, Bari 1957, vol. I, Aforismi 67 e 71.
- Barret, W., *The Illusion of Technique*, Doubleday/Anchor Books, Garden City N.Y, 1976,
- Bluhm, W., *Ideologies and Attitudes*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs N.J. 1974.
- Boulding, K., *Il significato del 20° secolo: verso una società postcivile*, Etas Kompass, Milano 1969.
- Brinton, C., *The Shaping of Modern Thought*, Prentice-Hall. Englewood Cliffs NJ. 1963.
- Bury, J.B., *Storia dell'idea di progresso*, Feltrinelli, Milano 1964.
- Cartesio, R. *Discorso sul metodo*, Laterza, Bari 1981,
- Ferkiss, V., *The Future of Technological Civilization*, Braziller, New York 1974.
- Gardiner, P., (a cura di), *Theories of History*, Free Press, New York 1959.
- Germino, D., *Modern Western Political Thought*, Rand McNally, Chicago 1972.
- Girvetz, H.K., *The Evolution of Liberalism*, Collier, New York 1967.

- Himmelfarb, G., *Darwin and Darwinian Revolution*, Norton, New York 1968.
- Hofstadter, R., *Social Darwinism in American Thought*, Beacon, Boston 1955.
- Holton, G., *Thematic Origin of Scientific Thought: Kepler to Einstein*, Harvard University Press, Cambridge, Mass. 1973.
- Hampshire, S., *The Age of Reason: The 17th & 18th Century Philosophers*» New American Library, New York 1956.
- Kuhn, T.S., *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*, Einaudi, Torino 1978.
- Lewis E. (a cura di), *Medieval Political Ideas*, Knopf, New York 1954.
- Lindsay, R.B., *The Role of Science in Civilization*, Harper & Row, New York 1963.
- Lukacs, J., *The Passing of the Modern Age*, Harper, New York 1970.
- Marty, M.E., *A Short History of Christianity*, Collins, World, New York 1959.
- Mumford, L., *Tecnica e cultura*, Il Saggiatore, Milano 1961.
- Nisbet, R., *Twilight of Authority*, Oxford University Press, New York 1975.
- Pollard, S., *The Idea of Progress*, Basic Books, New York 1963.
- Pynchon, T., *Entropy*, in «Kenyon Review», XXII, primavera 1960.
- Randall, J.H., *The Making of the Modern Mind*, Houghton Mifflin, New York 1940.
- Roszak, T., *Where the Wasteland Ends*, Double-day/Anchor Books, Garden City, N.Y. 1973.
- Rousseau, J.J., *Il contratto sociale*, Armando, Roma 1980.

- Schrag, P., *The End of the American Future*, Simon & Schuster, New York 1973,
- Stent, G.S., *The Coming of Golden Age: A vieto of the End of Progress*, Natural History Press, Garden City, N.Y. 19.69,
- Tawnev, R.H., *La religione e la genesi del capitalismo*, Feltrinelli, Milano 1967.
- Tillinghast, P.E., *Approaches to History*, Prentice- Hall, Englewood Cliffs, NJ. 1963.
- Whitehead, À.N., *La scienza e il mondo moderno*, Boringhieri, Torino 1979.

Parte seconda **La legge dell'entropia**

- Angrist, S.W. e L.G. Hepler *Demons, Poetry and Life: a Thermodynamic View*, in «Texas Quarterly», X, settembre 1967.
- Asimov, I., *Breve storia della biologia*, Zanichelli, Bologna 1969.
- Asimov, L., *In the Game of Energy and Thermodynamics You Can't Even Break Even*, in «Smithsonian», agosto 1970.
- Asimov, L., *What Is Entropy?*, in «Science Digest», LXXIII, gennaio 1973.
- Berry, R.S., *Recycling, Thermodynamics and Environmental Thrift*, in «Bulletin of Atomic Scientists», XXVIII, maggio 1972.
- Blum, HE, *Time's Arrow and Evolution*, Princeton University Press, Princeton, N.J. 1968.
- Brillouin, L., *Life, Thermodynamics and Cybernetics*, in «American Scientist», XXXVII, ottobre 1949.

- Capek, M., *The Philosophical Impact of Contemporary Physics*, Van Nostrand, New York 1961.
- Daly, H.E., *Toward a steady-State Economy*, Freeman, San Francisco 1973.
- Davies, P., *L'universo che fugge*, Mondadori-De Agostini » Novara 1995.
- Ditta, M., *A Hundred Years of Entropy*, in «Physics Today», XXI gennaio 1968
- Dobzhansky, T., *Le basi biologiche della libertà umana*, Feltrinelli, Milano 1960.
- Eddington, A., *La natura del mondo fisico*, Laterza, Bari 1987.
- Georgescu-Roegen, N., *Energia e miti economici*, Bollati Boringhieri, Torino 1998.
- Georgescu-Roegen, N., *The Entropy Law and the Economic Process*, Harvard University Press, Cambridge, Mass. 1971.
- Georgescu-Roegen, N., *The Steady State and Ecological Salvation*, in «Bioscience», aprile 1977.
- Heilbroner, R.L., *La prospettiva dell'uomo. Etas libri*, Milano 1975.
- Hiebert, E.N., *The Uses and Abuses of Thermodynamics in Religion*, in «Dedalus», LXXXV, fine 1966.
- Houston, J., «Prometheus Rebound: An Inquiry into Technological Growth and Psychological Change», in Dennis Meadows (a cura di), *Alternatives to Growth*, Ballinger, Cambridge, Mass. 1977.
- Kelley, H.J., *Entropy of Knowledge*, in «Philosophy of Science», XXXVI, giugno 1969.
- Kubat, L. e Jiri Zeman (a cura di), *Entropy and Information in Science and Philosophy*, Elsevier, New York 1975.
- Lindsay, R.B., *Entropy Consumption and Values in*

- Physical Science, in «American Scientist», XXXXVII, settembre 1959.
- Lindsay, R.B., *The Role of Science in Civilization*, Harper & Row, New York 1963.
- Lotka, A.J., Contribution to the Energetics of Evolution, in «Proceedings of the National Academy of Science», VIII, 1922.
- Lotka, A.J., The Law of Evolution as a Maximal Principle, in «Human Biology», XVII, settembre . 1945.
- Mayr, E., Evolution, in «Scientific American», settembre 1978.
- Miller, G.T, Jr., *Energetics, Kinetics and Life: An Ecological Approach*, Wadsworth, Belmont, Calif. 1971.
- O'Manique, J., *Energy in Evolution*, Humanities Press, New York 1969.
- Parsegian, V.L., Biological Trends within Cosmic Processes, in «Zigon», VIII, settembre-dicembre 1973.
- Polgar, S., Evolution and the Thermodynamic Imperative, in «Human Biology», XXXIII, Wayne State University Press, Detroit, Mich. 1961.
- Porter, G., The Laws of Disorder, in «Chemistry», XXXXI, maggio, dicembre 1968 e XXXXII, gennaio-febbraio 1969.
- Prigogine, I., Nicholas Gregoire e Agnes Babloyantz, Thermodynamics of Evolution, in «Physics Today», novembre 1972.
- Rodgers, D.W., An Informal History of the First Law of Thermodynamics, in «Chemistry», II, dicembre 1976.
- Russell, B., *La visione scientifica del mondo*, Laterza, Bari 1982.

- Schrödinger, E., Scienze e umanesimo. Cos'è la vita?, Sansoni, Firenze 1970.
- Schumacher, E.F., Guida per i perplessi, Mondadori, Milano 1979.
- Seifert, H.S., Can We Decrease Our Entropy, in «American Scientist», IL, giugno 1961.
- Simpson, G.G., The Meaning of Evolution, Yale University Press, New Haven 1949.
- Stebbing, L.S., «Entropy and Becoming», in Philosophy and the Physicists, Dover, New York 1958.
- Wagner, ¥., The Suspension of Henry Adams: A Study of Manner and Matter, Wayne State University Press, Detroit 1969.
- Warshofsky, E., Doomsday: The Science of Catastrophe, Pocket Books, New York 1979.
- White, L.A., «Tools, Techniques and Energy», in P. Flamond (a cura di), Cultural and Social Anthropology, Macmillan, New York 1964.
- Wiener, P.P. (a cura di), «Entropy» in The Dictionary of the History of Ideas, Scribner's, New York 1973, vol. 2.

Parte terza **Entropia: un nuovo contesto storico**

- Adams, B., The Law of Civilization and Decay, Books for Libraries, Freeport, N.Y. 1971.
- Adams, R.N., Energy and Structure, Texas University Press, Austin, Texas 1975.
- Ay res, E., «The Age of Fossil Fuels», in William L. Thomas Jr. (a cura di), Man's Role in Changing the Face of the Earth, University of Chicago Press, Chicago 1956.

- Barret, W, *The Illusion of Technique*, Doubleday/Anchor Books, Garden City, N.Y. 1976.
- Bates, M., «Process», in William M. Thomas Jr. (a cura di), *Man's Role in Changing the Face of the Earth*, University of Chicago Press, Chicago 1956.
- Bluhm, W, *Ideologies and Attitudes: Modern Political Culture*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J. 1974.
- Boulding, K., «The Interplay of Technology and Values: The Emerging Superculture», in Kurt Bauer e Nicholas Rescher (a cura di), *Values and the Future: The Impact of Technological Change on American Values*, Free Press, New York 1969
- Boulding, K.. Il significato del 20° secolo: verso una società postcivile, Etas Kompass, Milano 1969.**
- Childe, V.G., *Man Makes Himself*, New American Library, New York 1951.
- Congress of the United States, Joint Economic Committee, «Productivity and Technological Change», in *U.S. Long-Term Economic Growth Prospects: Entering a New Era*, U.S. Government Printing Office, Washington D.C., 25 gennaio 1978.
- Daly, H. E., *Lo stato stazionario*, Sansoni, Firenze 1981.
- Darby, U.C., «The Cleaning of the Woodland», in William L. Thomas Jr. (a cura di), *Man's Role in Changing the Face of the Earth*, University of Chicago Press, Chicago 1956.
- Douglas J.D. (a cura di), *The Technological Threat*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J. 1971.
- Dubos René, *The Torch of Life*, Simon & Schuster, New York 1962.
- Ellul, J., *La tecnica rischio del secolo*, Giuffrè, Milano 1969 p. 109.

- Environmental Quality Council. Executive Office of The President, Environmental Quality, Ninth Annual Report, U.S. Government printing office, Washington D.C., dicembre 1978.
- Farb, P., *Humankind*, Houghton Mifflin, Boston 1978.
- Ferkiss, V., *The Future of Technological Civilization*, Braziller, New York 1974.
- Gall, J., *Systemantics: How Systems Work and Especially How They Fail*, Pocket Books, New York 1975.
- Georgescu-Roegen, N., *Analytical Economics*, Harvard University Press, Cambridge, Mass. 1966.
- Georgescu-Roegen, N., *The Entropy Law and the Economic Process*, Harvard University Press, Cambridge, Mass. 1971.
- Giarini, O. e Henry Louberge, *The Diminishing Returns of Technology*, Pergamon Press, Oxford, 1978.
- Harmon, WW, *The Coming Transformation II*, in «The Futurist», XI, aprile 1977.
- Heilbroner, R.L., *La prospettiva dell'uomo*, Etas libri, Milano 1975.
- Heilbroner, R.L., «Do Machines Make History?», in *Technology and Culture*, University of Chicago Press, Chicago 1967.
- Hirsch, F, *I limiti sociali allo sviluppo*, Bompiani, Milano 1981.
- Houston, J., «Prometheus Rebound: An Inquiry into Technological Growth and Psychological Change», in Dennis Meadows (a cura di), *Alternatives to Growth*, Ballinger, Cambridge, Mass. 1977.
- Hovt, R., *Europe in the Middle Ages*, Harcourt, Brace & World, New York 1966.

- Kariel, U.S., *Beyond Liberalism, Where Relations Grow*, Harper & Row, New York 1978.
- Kranzberg, M. e Carol W. Purrell (a cura di), *Technology in Western Civilization*, Oxford University Press, New York 1976.
- Lewontin, R.C., *Adaptation*, in «Scientific American», settembre 1968.
- Lindsay, R.B., *The Role of Science in Civilization*, Harper & Row, New York 1963.
- Lukacs, J., *The Passing of the Modern Age*, Harper, New York 1970.
- Meadows Bonella, «Limits to Growth Revisited» in Ian G. Barbour (a cura di), *Finite Resources and the Human Future*, Augsburg, Minneapolis 1976.
- Mesthene, E.G., *Technological Change*, New American Library, New York 1970.
- Miles, R.E. Jr., *Awakening of the American Dream*, Universe, New York 1976.
- Mishan E.J., *The Economic Growth Debate*, George Allan & Unwin, London 1977.
- Morison, E.E., *If uomo e la macchina*, Etas Kompass, Milano 1970.
- Mumford, L., *Tecnica e cultura*, Il Saggiatore, Milano 1961.
- Nichols, R.E., *The Dynamic Interpretation of History*, in «New England Quarterly», giugno 1935.
- Oltmans, W.L., *On Growth*, Capricorn Books, New York 1974.
- Ophuls, W., *Ecology and the Politics of Scarcity*, Freeman, San Francisco 1977.
- Ortega y Gasset, J., *La ribellione delle masse*, il Mulino, Bologna 1977.
- Randall, J.H., *The Making of the Modern Mind*,

- Houghton Mifflin, Riverside Press, Cambridge Mass. 1940,
- Renshaw, E.F., «Productivity», in U.S. Economic Growth from 1976 to 1986: Prospects, Problems and Patterns - Studies for the Joint Economic Committee, vol. 1, U.S. Government Printing Office, Washington D.C. 1976.
- Roszak, T., Where the Wasteland Ends, Double-day./Anchor Books, Garden City, N.Y. 1973.
- Rothman. H., Murderous Providence: A Study of Pollution in Industrial Societies, Bobbs-Merril, New York 1972.
- Sauer, C.O., «The Agency of Man on the Earth», in William L. Thomas Jr. (a cura di), Man's Role in Changing the Face of the Hearth, University of Chicago Press, Chicago 1956.
- Schwartz, E.S., Over skill: The Decline of Technology in Modern Civilization, Quadrangle, New York 1971.
- Sears, P.B., «The Process of Environmental Change by Man», in William L. Thomas Jr. (a cura di), Man's Role in Changing the Face of the Hearth, University of Chicago Press Chicago 1956
- Slater. P.. The Pursuit of Loneliness: American Culture at the Breaking Point, Beacon, Boston 1976.
- Spengler, O., The Decline of the West, Knopf, New York 1926, vol. 1.
- Spoehr, A., «Cultural Differences in the Interpretation of Natural Resources», in William L. Thomas Jr. (a cura di), Man's Role in Changing the Face of the Hearth, University of Chicago Press, Chicago 1956.
- Stent, G.S., The Coming of the Golden Age: A View

of the End of Progress, Natural History Press, Garden City, N.Y. 1969. Teich, A.H., *Technology and Man's Future*, St. Martin's Press, New York 1972. Toynbee, A., *Storia comparata delle civiltà*, Newton Compton, Roma 1974. White, L.A., «Tools, Techniques and Energy», in D.Hammond (a cura di), *Cultural and Social Anthropology*, Macmillan, New York 1964. White, L. Jr., *The Historical Roots of Our Ecological Crisis*, in «Science», 10 marzo 1967. Wilkinson, R., *Poverty and Progress*, Praeger, New York 1973. Wittfogel, E.A., «The Hydraulic Civilizations», in William L. Thomas Jr. (a cura di), *Man's Role in Changing the Face of the Earth*, University of Chicago Press, Chicago 1956.

Parte quarta **Le energie non rinnovabili e l'avvicinarsi dello spartiacque entropico**

Clark, W., *Energy for Survival*, Doubleday/Anchor Books, Garden City N.Y. 1975. Commoner, B., *La povertà del potere* Garzanti Milano 1976
Davis. W.I., The Seventh Year: Industrial Civilization
in Transition, Norton, New York 1979. Gever, J., Robert Kaufmann, David Stole e Charles Vo- rosmarty, *Beyond oil: The Threat to Food and Fuel in the Coming Decades*, Carrying Capacity, Inc., Ballin- ger Publishing Company, Cambridge, Mass. 1986.

- Hayes, D., *Rays of Hope*, Norton, New York 1977.
- Lovins, A., *Energia dolce*, Bompiani, Milano 1979.
- Meadows Bonella, Dennis Meadows et al., *I limiti dello sviluppo*, Mondadori, Milano 1980.
- Nash, H. (a cura di), *Progress As If Survival Mattered*, Friends of the Earth, San Francisco 1978.
- Odum, H.T. e Elisabeth C. Odum, *Energy Basis for Man and Nature*, McGraw-Hill, New York 1976.
- Ophuls, W., *Ecology and the Politics of Scarcity*, Freeman, San Francisco 1977.

Parte quinta **L'entropia e Pera industriale**

- Adams, R.N., *Energy and Structure*, University of Texas Press, Austin, Texas 1975.
- Baker, T.S. (a cura di), *The Urbanization of Man*, Mc- Cutchan, Berkeley, Calif. 1972.
- Barber, W.J., *A History of Economic Thought*, Penguin Books, New York 1967.
- Barbour, L.G. (a cura di), *Finite Resources and the Human Future*, Augsburg, Minneapolis 1976.
- Benoit, E., *The Coming Age of Shortages*, part I, in «*Bulletin of Atomic Scientists*», gennaio 1976.
- Berry, R.S., *Recycling, Thermodynamics and Environmental Thrift*, in «*Bulletin of Atomic Scientists*», XXVIII, maggio 1972.
- Berry, W., *The Unsettling of America*, Avon, New York 1977.
- Bookchin, M.» *I limiti della città*, Feltrinelli, Milano 1975.
- Boulding, K., *Beyond Economy*, Ann Arbor Paperbacks, Ann Arbor, Mich. 1960.

- Broun, H. e George E, Jr., *Transportation and the Energy Crisis*, 30 luglio 1973, registrazione della sessione del Congresso.
- Brown, L.R., *Il ventinovesimo giorno*, Sansoni, Firenze 1980.
- Caldwell, M., *The Wealth of Some Nations*, Zed Press Ltd., London 1977, 2^a ed.
- Clark» W.» *Energy for Survival*, Doubleday/Anchor Books, Garden City» N.Y, 1975.
- Commoner, B., *La povertà del potere*, Garzanti, Milano 1976.
- Daly, H. E., *On Economy as a Life Science*, in «*Journal of Political Economy*», LXXVI, maggio-giugno 1968.
- Daly, H. E., *Lo stato stazionario*, Sansoni, Firenze 1981.
- Davis, W.J., *The Seventh Year: Industrial Civilization in Transition*, Norton, New York 1979.
- Deane, P., *The Evolution of Economic Ideas*, Cambridge University Press, London 1978.
- Dixon, B., *Beyond the Magic Bullet*, Harper & Row, New York 1978.
- Dubos, R., «*Promises and Hazards of Man's Adaptability*», in *Environmental Quality in a Growing Economy*, Lavori presentati al 6° RFF Forum, Johns Hopkins Press, Baltimore 1966.
- Eckholm, E., «*Disappearing Species: The Social Challenge*», in *Worldwatch Paper*, n. 22, giugno 1978.
- Environmental Quality Council. Executive Office of The President, *Environmental Quality, Ninth Annual Report*, U.S. Government Printing Office, Washington D.C., dicembre 1978.
- Farb, P., *Humankind*, Houghton Mifflin, Boston 1978.
- Georgescu-Roegen, N., *Analytical Economics*, Harvard University Press, Cambridge, Mass. 1966.

- Georgescu-Roegen, N., *Energia e miti economici*, Bollati Boringhieri, Torino 1998.
- Georgescu-Roegen, N., *Energy and Economic Myths*, in «Southern Economic Journal» XXXXI, gennaio 1975.
- Georgescu-Roegen, N., *The Entropy Law and the Economic Process*, Harvard University Press, Cambridge, Mass, 1971.
- Georgescu-Roegen, N., *Inequality, Limits and Growth from a Bioeconomic Viewpoint*, in «Review of Social Economy», XXXV, dicembre 1977.
- Georgescu-Roegen, N., *The Steady State and Ecological Salvation: A Thermodynamic Analysis*, in «Bioscience», XXVII, aprile 1977.
- Georgescu-Roegen, N., *Technology Assessment: The Case of the Direct Use of Solar Energy*, in «Atlantic Economic Journal», n. 6, dicembre 1978.
- Goodman, R., *Oltre il piano*, Il Saggiatore, Milano 1973.
- Harrington, M., *The Twilight of Capitalism*, Simon & Schuster, New York 1976.
- Heilbroner, R.L., *La prospettiva dell'uomo*, Etas libri, Milano 1975.
- Heilbroner, R.L., *The Economic Transformation of America*, Harcourt Brace Jovanovich, New York 1977.
- Henderson, H., *Creating Alternative Futures*, Berkeley-Windhover, New York 1978.
- Hoffer, A. e Morton Walker, *Ortho-Molecular Nutrition*, Keats, New Canaan, Conn. 1978.
- Ulich, I., *Nemesi medica*, Mondadori, Milano 1977.
- Ise, J., *The Theory of Value as Applied to Natural Resources*, in «American Economic Review», XV, St. Albans, Vermont, giugno 1925.

- Jacobs, J., Vita e morte delle grandi città: saggio sulle metropoli americane, Edizioni di Comunità, Torino 2000.
- Jegen, M.E. e Bruno Manno (a cura di), The Earth is the Lord's, Paulist Press, New York 1978.
- Leavitt, H., Superhighway: Superhoax, Ballantine, New York 1971.
- Lekachman, R., Storia del pensiero economico, F. Angeli, Milano 1971.
- McKinlay J.B. e Sonja M. McKinlay, The Questionable Contribution of Medical Measures to the Decline of Mortality in the U.S. in the Twentieth Century, in «Milbank Memorial Fund Quarterly: Health and Society», estate 1977.
- McWinney, I.R. Medical Knowledge and the Rise of Technology, in «Journal of Medicine and Philosophy», III, 1978, n. 4.
- Meadows, Donella, «The World Food Problem: Growth Models and Nongrowth Solutions», in Dennis Meadows (a cura di), Alternatives to Growth, Ballinger, Cambridge, Mass. 1977.
- Mesthene, E.G., Technological Change, in «New Australian Economic Papers», New York, giugno 1975.
- Miles, R.E. Jr., Awakening from the American Dream, Universe, New York 1976.
- Mishan, F. I. Il costo dello sviluppo economico, F. Angeli, Milano 1971.
- Mowbray, A.Q., Road to Ruin, Lippincott, Philadelphia 1969.
- National Wildlife Federation (a cura di), The End of the Road, U.S. Government Printing Office, Washington D.C.1977.
- Office of Technology Assessment (a cura di), The Ef

- fects of Nuclear War, U.S. Government Printing Office, Washington D.C., 1979.
- Oltmans, W.L., *On Growth*, Capricorn Books, New York 1974.
- Ophuls, W., *Ecology and the Politics of Scarcity*, Freeman, San Francisco 1977.
- Perelman, M., *Energy\ Entropy and Economic Value*, in «Australian Economic Papers», giugno 1976.
- Powles, J., «The Effect of Health Services on Adult Male Mortality», in *Ethics in Science and Medicine*, Pergamon Press, Elmsford, N.Y. 1978, vol 5.
- Renew America Project-Fund for Renewable Energy and the Environment (a cura di), *The State of the States*, Washington D.C. 1988.
- Rothschild, E.» *Eautomobile, fine di un'era*, Feltrinelli, Milano 1974.
- Schwartz. F.S. *Overskill: The Decline of Technology in Modern Civilization, Quadrangle, New York 1971.*
- Turvey, R., «Side Effects of Resource Use» in *Environmental Quality in a Growing Economy*, Lavori presentati al 6° RFF Forum, Johns Hopkins Press, Baltimore 1966.
- Ullman, E.L., «The Role of Transportations and the Basis for Interaction», in William M. Thomas Jr. (a cura di), *Man's Role in Changing the Face of the Earth*, University of Chicago Press, Chicago 1956.
- Wade, N., *Entropy, the Measure of Economic Man*, in «Science», CXXXX, 31 ottobre 1975.
- Ward, B., *La casa dell'uomo*, Mondadori, Milano 1976.
- Wilkinson, R., *Powerty of Power*, Praeger, New York 1973.

- Wogaman, J.P. The Great Economic Debate, Westminster Press, Philadelphia 1977.
- Worldwatch Institute, State of the World 1988, ISE- DI, Torino 1988.

Parte sesta **Entropia: una nuova visione del mondo**

- Adams, H., «A Letter to the American History Teachers» in Degradation of the Democratic Dogma, Peter Smith, New York 1949.
- Adams, R.N., Energy and Structure, Texas University Press, Austin TEXAS 1975.
- Ahlstrom, S.E., A Religious History of the American People, Yale University Press, New Haven 1972.
- Barnett, M.M., The Church and the Ecological Crisis, Erdmans, Grand Rapids, Mich. 1972.
- Bel, D., The Coming of Post Industrial Society, Basic Books, New York 1973.
- Bellah R.N. The Broken Covenant Seabury Press New York 1975
- Berry, W. The Unsettling of America: Culture and Agriculture, Avon Books, New York 1977.
- Bloesch, D. G., The Evangelical Renaissance, Erdmans, Grand Rapids MICH. 1973.
- Blum, H.F., «Order, Negentropy and Evolution» in Time's Arrow and Evolution, Princeton University Press, Princeton, N.J. 1968 n. 94
- Boulding, K. Il significato del 20° secolo: verso una società postcivile, Etas Kompass, Milano 1969.
- Brush, S.G., Thermodynamics and History, in «The Graduate Journal», 1967.

- Butler, S., *Erewhon*, Adelphi, Milano 1979.
- CBS News, *Is Anyone Out There Listening?*?art I, II, III, Religion, da una inchiesta della CBS, in «Dedalus», LXXXXV, 1966, n. 4.
- Callenbach, E., *Ecotopia*, Mazzetta, Milano 1979.
- Capek, M., *The Philosophical Impact of Contemporary Physics*, Van Nostrand, New York 1961.
- Davis, W.J., *The Seventh Year: Industrial Civilization in Transition*, Norton, New York 1979.
- Dayton, D., *Discovering an Evangelic Heritage*, Harper & Row, New York 1976.
- Eddington, A., *La natura del mondo fisico*, Laterza, Bari 1987.
- Eisenstadt, S.N., *The Protestant Ethic and Modernization*, Basic Books, New York 1968.
- Ellul, J., *La tecnica rischio del secolo*, Giuffré, Milano, 1969.
- Esser, A.H., «Environment and Mental Health» in *Science, Medicine and Man*, Pergamon Press, Elmsford, N.Y., 1973, vol 1.
- Geiser, R.L., *Behaviour Mod and the Managed Society*, Beacon, Boston 1976.
- Henderson, H., *Creating Alternative Futures: The End of Economics*, Berkely-Windhover, New York 1978.
- Henry, C., *Contemporary Evangelical Thought: A Survey*, Baker Book House, Grand Rapids, Mich. 1968.
- Hiebert, E.N., *The Uses and Abuses of Thermodynamics in Religion*, in «Dedalus», LXXXXV, 1966, n. 4.
- Holton, G., *Thematic Origin of Scientific Thought*, Harvard University Press, Cambridge, Mass. 1973.

- Hudson, W.S., *Religion in America*, Schreibner's, New York 1973.
- Huxley, A., *Filosofia perenne*, Mondadori, Milano 1959.
- Iyer, R., *The Moral and Political Thought of Mahatma Gandhi*, Oxford University Press, New York 1973.
- jaki, S.L., *The Relevance of Physics*, University of Chicago Press, Chicago 1966.
- Jegen, M. e Bruno Manno (a cura di), *The Earth Is the Lord's*, Paulist Press, New York 1978.
- Kelley, H J., *Entropy of Knowledge*, in «*Philosophy of Science*», XXXVI, giugno 1969.
- Kuhn, T.S., *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*, Einaudi, Torino 1978.
- Lambert, F.L., *Ontology of Evil*, in «*Zigon*», III, giugno 1968.
- Lepkowsky, W., *The Social Thermodynamics of Ilya Prigogine*, in «*Chemical & Engineering News*», 16 aprile 1979.
- Lindsay, R.B., *Entropy Consumption and Values in Physical Science*, in «*American Scientist*», XXXXVII, settembre 1959.
- Lindsay, R.B., «*Science and Communication*», in *The Role of Science in Civilization*, Harper & Row, New York 1963.
- Lipowski, Z.J., *Sensory and Information Inputs Overload*, in «*Comprehensive Psychiatry*», XVI, maggio-giugno 1975.
- Lovins, A., *Energia dolce*, Bompiani, Milano 1979.
- Lukacs, J., *The Passing of the Modern Age*, Harper Torchbooks, New York 1970.
- Marty, M.E., *A Short History of Christianity*, Collins World, New York 1959.

- Miller, G.T. Jr., *Energetics, Kinetics and Life: An Ecological Approach*, Wadsworth, Belmont, Calif. 1971.
- Morowitz, H., «Order, Information and Entropy», in *Energy Flow in Biology*, Academic Press, New York 1968.
- Mumford, L., *Tecnica e cultura*, Il Saggiatore, Milano 1961.
- O'Manique, J., *Energy in Evolution*, Humanity Press» New York 1969.
- Ostwald» W.» *Monism as the Goal of Civilization*, curato e pubblicato dall'Associazione internazionale per il monismo» Amburgo 1913.
- Parsegian» V.X.» *Biological Trends within Cosmic Processes*, in «Zigon», VIII, settembre-dicembre 1973.
- Perrin, N.» *Giving Up the Gun*, Godine, Boston 1975.
- Prigogine, I., Nicholis Gregoire e Agnes Babloyantz, *Thermodynamics of Evolution*, in «Physics Today», XXV, novembre 1972.
- Quebedeaux, R., *The Young Evangelicals*, Harper & Row, New York 1974.
- Russell» B., *La visione scientifica del mondo*, Laterza, Bari 1982.
- Schaeffer, F.A., *How Should We Then Live?*, Fleming Revell, Tappan» N.J. 1976.
- Schaeffer, F.A., *Pollution and the Death of Man: The Christian View of Ecology*, Tyndale House, Wheaton, 111., 1970.
- Schrag, P., *Mind Control*, Pantheon, New York 1978.
- Schumacher, E.F., *Guida per i perplessi*, Mondadori, Milano 1979.
- Schumacher» E.F., *Buon lavoro*, Red edizioni, Como 1995.
- Schumacher» E.F., *Piccolo è bello*, Mondadori, Milano 1978.**

- Schwartz, E.S., *Ovetskitt: The Decline of Technology in Modern Civilization*, Quadrangle, New York 1971.
- Simpson, G.G., «The Search for an Ethic» in *The Meaning of Evolution*, Yale University Press, New Haven 1949.
- Slossen, E., «Wilhelm Ostwald», in *Major Prophets of Today*, Books for Libraries Press, Freeport, N.Y. 1914.
- Spillman, B.E., *The Logic of Life*, Pantheon, New York 1973.
- Stebbing, L.S., «Entropy and Becoming», in *Philosophy and the Physicists*, Dover, New York 1958.
- Stent, G.S., *The Coming of Golden Age: A view of the End of Progress*, Natural History Press, Garden City, N.Y. 1969.
- Strizeneč, M.L., «Information and Mental Processes» in *Libor Kubat e jiri Zeman (a cura di)*, *Entropy and Information in Science and Philosophy*, Elsevier, New York 1975.
- Szumilevic, I., «The Entropy Concept in Phylo- sophy» in *Libor Kubat e Jiri Zeman (a cura di)*, *Entropy and Information in Science and Philosophy*, Elsevier, New York 1975.
- Tawney, R.H., *La religione e la genesi del capitalismo*, Feltrinelli, Milano 1967.
- Teich, A.H., *Technology and Man's Future*, St. Martin's Press, New York 1972.
- Tillich, P., *Storia del pensiero cristiano*, Astrolabio, Roma 1969.
- Toynbee, A.J., *Storia comparata delle civiltà*, Newton Compton, Roma 1974.
- Vanden Broeck, G. (a cura di), *Less Is More*, Harper & Row, New York 1978.
- Wade, N., *Science and Its Contours: Must Rationality Be Rational?*, in «Science», 13 settembre 1974.

- Wallis, J.» Agenda for a Biblical People, Harper & Row, New York 1976.
- Weber, M., Letica protestante e lo spirito del capitalismo, Sansoni, Milano 1983.
- White, L. Jr., The Historical Roots of Our Ecological Crisis, in «Science», 10 marzo 1967.
- Zeman, J., «Information, Knowledge and Time» in Libor Kubat e Jiri Zeman (a cura di), Entropy and Information in Science and Philosophy, Elsevier, New York 1975.

Supernani

- 1 Tom Robbins, *Feroci invalidi di ritorno dai paesi caldi*
- 2 Tom Robbins, *Profumo di Jitterbug*
- 3 John Dos Passos, *Manhattan Transfer*
- 4 Harold Robbins, *L'uomo che non sapeva amare*
- 5 Raul Montanari, *Che cosa hai fatto*
- 6 Matthew Reilly, *Tempio*
- 7 Melania G. Mazzucco, *Il bacio della Medusa*
- 8 Melania G. Mazzucco, *La camera di Baltus*
- 9 Giorgio Faletti, *Io uccido* (3^a ediz.)
- 10 Joseph LeDoux, *Il cervello emotivo*
- 11 Laura Zigman, *Il teorema della Mucca Nuova*
- 12 Jeremy Rifkin, *Il secolo biotech*
- 13 Haruki Murakami, *L'uccello che girava le Viti del Mondo*
- 14 Gino&Michele, Matteo Molinari, *Anche le formiche nel loro piccolo s'incazzano. Raccolta completa*
- 15 Robert Greene, *Le 48 leggi del potere*
- 16 Enrico Brizzi, *Jack Frusciarne è uscito dal gruppo*
- 17 Sebastiano Vassalli *La notte del lupo*
- 18 Matteo B. Bianchi, *Generations of love*
- 19 Dorothy Strachey, *Olivia*
- 20 Jeremy Rifkin, *Entropia*