

Maria Laura Giacobello*

La collana di perle di Georgescu-Roegen. Ovvero il Quarto Principio della Termodinamica

Nicholas Georgescu-Roegen, il matematico ed economista rumeno che tra i primi ha analizzato con profondo spirito critico la concezione economica strettamente improntata alla crescita, ha dimostrato puntualmente la vulnerabilità di questa ideologia sotto il profilo della corretta applicazione delle leggi della fisica, in particolare della termodinamica¹. La sua attenta disamina rivela inequivocabilmente l'urgenza di promuovere processi economici innovativi e conduce, già negli anni Sessanta, a costruire un ponte tra le discipline ecologiche e quelle economiche. Pertanto, proprio dagli studi pionieristici di *bioeconomia* di

* Dottore di Ricerca in Metodologie della Filosofia – Dipartimento di Filosofia – Università degli Studi di Messina

¹ A tal proposito, sembra utile ricordare che proprio Georgescu-Roegen è considerato l'ideatore e il massimo teorico del concetto di decrescita. Il lavoro di quest'autore costituisce infatti un riferimento imprescindibile per ogni riflessione di impronta ecologica, comprese le recenti teorie sulla decrescita di Serge Latouche: già nel 1971, con *The Entropy Law and the Economic Process*, la sua opera più nota, aveva sottolineato appunto come il modello dell'economia neoclassica non tenesse affatto conto del Secondo Principio della Termodinamica (Cfr. N. Georgescu-Roegen, *The Entropy law and the Economic Process*, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts 1971). Condividendo con Georgescu-Roegen questo presupposto, il pensiero di Latouche si specifica in direzione di una severa critica al concetto di sviluppo, a partire dai miti della razionalità occidentale in cui affonda le radici l'immaginario collettivo economico, fino alle sue concrete manifestazioni storico-sociali. Cfr., tra gli altri, S. Latouche, *L'invenzione dell'economia*, [2005], trad. di F. Grillenzoni, Bollati Boringhieri, Torino 2010; Id., *Come sopravvivere allo sviluppo. Dalla decolonizzazione dell'immaginario economico alla costruzione di una società alternativa* [2004], trad. di F. Grillenzoni, Bollati Boringhieri, Torino 2005; Id., *Decolonizzare l'immaginario*, Libro intervista a cura di Roberto Bosio, EMI, Bologna 2004; Id., *Giustizia senza limiti*, trad. di A. Salsano, Bollati Boringhieri, Torino 2003; Id., *Breve trattato sulla decrescita serena* [2007], trad. di F. Grillenzoni, Bollati Boringhieri, Torino 2008; Id., *Per una società della decrescita*, in M. Bonaiuti (a cura di), *Obiettivo decrescita*, EMI, Bologna 2008; e il recentissimo lavoro di S. Latouche, *Come si esce dalla società dei consumi* [2010], trad. di F. Grillenzoni, Bollati Boringhieri, Torino 2011.

Georgescu-Roegen scaturisce una nuova disciplina: l'economia ecologica², frutto della confluenza delle più avanzate analisi in ambito ecologico quanto economico. Egli ha preso in considerazione, evidenziandolo, l'aspetto biofisico dell'economia: in realtà, se il nostro sistema economico è attraversato da un processo di produzione, distribuzione ed eliminazione di un flusso di energia e materia direttamente attinte dall'ambiente naturale - che è il sistema all'interno del quale l'uomo vive e si evolve - ne consegue che il metabolismo industriale della società è inestricabilmente connesso alla evoluzione biologica, geologica e chimica della Terra stessa.

L'elaborazione della teoria *bioeconomica* è, in effetti, il risultato della profonda esigenza di un radicale rinnovamento delle ordinarie categorie economiche, che matura in Georgescu-Roegen attraverso un lungo e attento *excursus* all'interno dell'impalcatura concettuale su cui si basa la scienza economica. L'esito di questo itinerario intellettuale si traduce, nel pensatore rumeno, nella cogente consapevolezza dell'inadeguatezza delle categorie dell'economia tradizionale ad affrontare problematiche più articolate rispetto alla semplice dialettica dicotomica produzione-consumo. Infatti, proprio "l'incapacità dell'economia ortodossa di far fronte alle questioni ambientali ha dato origine all'economia ecologica, che è lo studio della compatibilità tra l'economia umana e gli ecosistemi a lungo termine. Poiché in questa prospettiva possiamo vedere come l'economia di mercato sia avviluppata in un sistema fisico-chimico-biologico, si pone la questione del valore delle risorse naturali e ambientali per l'economia. È possibile tradurre i valori ambientali in valori monetari?"

² Robert Costanza, presidente dell'International Society for Ecological Economics, così definisce la nuova disciplina: "L'economia ecologica è un tentativo di superare le frontiere delle discipline tradizionali per sviluppare una conoscenza integrata dei legami tra sistemi ecologici ed economici. Un obiettivo chiave di questa ricerca è quello di sviluppare modelli sostenibili di sviluppo economico, distinti dalla crescita economica che non è sostenibile in un pianeta finito. Un aspetto chiave nello sviluppare modelli sostenibili di sviluppo è il ruolo dei vincoli: vincoli termodinamici, limiti biofisici, limiti di risorse naturali, limiti all'assorbimento dell'inquinamento, limiti demografici, vincoli imposti dalla 'carrying capacity' del pianeta, e, soprattutto, limiti della nostra conoscenza rispetto a ciò che questi limiti sono e a come influenzano il sistema"(citato in E. Tiezzi - N. Marchettini, *Che cos'è lo sviluppo sostenibile? Le basi scientifiche della sostenibilità e i guasti del pensiero unico*, Donzelli editore, Roma 1999, p. 37).

Gli economisti ecologici sono molto scettici circa la possibilità di tradurre o trasmutare future e incerte esternalità irreversibili in valori monetari”³.

All’interno dell’ampia penombra dialettica, in cui l’economico si intreccia con il sociale e il politico, si verificano imprevedibili sovrapposizioni tra fattori biologici ed economici e, in realtà, secondo Georgescu-Roegen, una corretta analisi entropica del processo economico ne dà una conferma immediata⁴. Tuttavia, “il fatto che i fattori biologici ed economici possano sovrapporsi in modi imprevedibili, benché ampiamente dimostrato, è poco conosciuto fra gli economisti”⁵. Ciò consente agli stessi una professione di fede nei confronti del rassicurante teorema dell’inesauribilità delle risorse, basato sull’assunto della loro infinita sostituibilità.

Ne consegue, evidentemente, che, “se si vuole porre su basi scientifiche l’economia dell’ambiente, occorre un nuovo approccio metodologico di natura interdisciplinare, che porti a un profondo ripensamento dei principi che hanno costituito il fondamento della teoria economica standard”⁶. Non è più possibile negare, infatti, la natura dialettica degli eventi che descrivono la realtà biologica e quella economica: proprio tale natura, decretandone l’ineludibile interconnessione, fonda quel diverso approccio gnoseologico che apre la via a una disciplina

³ J. Martinez-Alier, *From political economy to political ecology*, in K. Mayumi – J. M. Gowdy, *Bioeconomics and Sustainability. Essay in Honor of Nicholas Georgescu-Roegen*, Edward Elgar, Cheltenham, UK 1999, pp. 25-50, p. 25.

⁴ Georgescu-Roegen avverte evidentemente la necessità di delimitare i confini del metodo logico-deduttivo: “I confini di ogni scienza positiva sono penombre in movimento. La fisica si confonde con la chimica, la chimica con la biologia, l’economia con la scienza politica e la sociologia. Esistono una chimica fisica, una biochimica, e anche un’economia politica, nonostante che siamo restii a parlarne. Soltanto il dominio della logica, concepita come *Principia Mathematica*, è limitato da confini rigidi e nettamente stagliati. La ragione di questo è che la vera essenza della logica è costituita dalla distinzione *discreta*, che pertanto deve valere anche per i confini della logica” (N. Georgescu-Roegen, *Prospettive e orientamenti in economia*, in Id., *Analisi economica e processo economico*, trad. di M. Dardi, Sansoni, Firenze 1973, parziale traduzione della raccolta *Analytical Economics: Issues and Problems*, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts 1966, p. 25).

⁵ N. Georgescu-Roegen, *Prospettive e orientamenti in economia*, cit., p. 123.

⁶ R. Molesti, *La rivoluzione della scienza e la bioeconomia*, in I., (a cura di), *Economia dell’ambiente e bioeconomia*, Franco Angeli, Milano 2003, p. 7.

come l'economia dell'ambiente. Soltanto una prospettiva sistemica⁷ libera, invero, un tale ventaglio di nuovi significati da innescare l'esigenza di un diverso tipo di riflessione: interdisciplinare, appunto. In tal senso, allora, "ciò che Georgescu-Roegen chiamava 'bioeconomia', ha finito per essere denominato 'economia ecologica'. Un settore multidisciplinare in espansione"⁸.

Peraltro, i tempi sono maturi per un cambiamento radicale del paradigma scientifico di riferimento⁹, anche e soprattutto in economia: disciplina nella quale la moderna struttura meccanicistica ha comportato un'interpretazione della realtà indagata all'insegna della presunta circolarità e reversibilità di un sistema chiuso e autosufficiente, offrendo una visione statica proprio di quei fenomeni economici, cui, viceversa, sarebbe indiscutibilmente più utile un approccio analogico diverso, contiguo, per esempio, al modello offerto dalla biologia. L'insufficienza espressa dalla trappola meccanicistica, che con il suo modo di procedere astrattamente logico studia il processo economico come se fosse

⁷ Le intuizioni di Georgescu-Roegen sono coerenti con la temperie culturale che va maturando nel corso del Novecento sull'onda della rivoluzione scientifica contemporanea e con gli orientamenti epistemologici dell'attuale ricerca, che promuovono il superamento di ogni chiusura settoriale e specialistica all'insegna del dialogo interdisciplinare. In particolare, negli anni Trenta del Novecento l'elaborazione di una vera e propria *teoria dei sistemi* a opera di Ludwig von Bertalanffy segna una tappa determinante: nell'ottica del pensiero sistemico le parti sono solo astrazioni e la realtà è data esclusivamente dalle relazioni. Cfr. a tal proposito L. von Bertalanffy, *Teoria generale dei sistemi. Fondamenti, sviluppo, applicazioni* [1967], trad. di E. Bellone, introduzione di G. Minati, Mondadori, Milano 2010; si veda anche V. De Angelis, *La logica della complessità. Introduzione alle teorie dei sistemi*, Bruno Mondadori, Milano 1996. In realtà, proprio grazie alla natura sistemica del suo approccio alla conoscenza delle dinamiche economiche Georgescu-Roegen è in grado di cogliere quella relazione circolare fra economia ed ecosistema che segna il superamento del paradigma meccanicista e che si ripercuote nell'interpretazione di specifici aspetti del processo economico, compresa la teoria della produzione.

⁸ J. Martinez-Alier, *Preface*, in K. Mayumi, *The Origins of Ecological Economics. The bioeconomics of Georgescu-Roegen*, Routledge, London 2001.

⁹ In effetti, secondo l'autorevole opinione di Edgar Morin, il principale teorico del pensiero della Complessità, "siamo entrati nella vera età di una rivoluzione paradigmatica profonda, diciamo forse più radicale di quella del XVI-XVII secolo. Credo che noi partecipiamo a una trasformazione secolare che è difficilmente visibile perché non disponiamo del futuro che ci consentirebbe lo sguardo sulla metamorfosi compiuta" (E. Morin, *Introduzione al pensiero complesso. Gli strumenti per affrontare la sfida della complessità*, [1990], trad. di M. Corbani, Sperling & Kupfer, Milano 1993, p. 114).

possibile separare elementi materiali ed elementi umani, è evidente: infatti, “isolando l’uomo dal suo ambiente, il soggetto dall’oggetto, il meccanicismo non può quindi rappresentare il riferimento filosofico adatto per lo studio di quelle situazioni in cui, come nell’economia, appunto, l’accoppiamento materia-vita impone l’adozione dei modi di pensiero analitico e dialettico”¹⁰.

Il cambiamento di paradigma implicito nel ripensamento della disciplina economica elaborato da Georgescu-Roegen, viceversa, getta un’ *humus* assai fertile proprio per un’adeguata considerazione dell’indissolubile intreccio con l’ambiente in cui si articola l’economia.

Una compiuta assunzione di questo paradigma comporterebbe un mutamento rivoluzionario dei sommi principi economici, a partire dal diagramma di flusso circolare isolato con cui viene tradizionalmente rappresentato il processo economico: dalle imprese alle famiglie e ritorno, senza punti di contatto con l’esterno, né in ingresso né in uscita. Se questa rappresentazione offre indubbi profili di utilità in tema di analisi degli scambi, essa è senz’altro fallimentare nell’interpretazione dei processi di produzione e consumo, che risultano emancipati da ogni elementare dipendenza dall’ambiente circostante rispetto al proprio mantenimento e rifornimento. A tal proposito, infatti, in merito alle conseguenze deprecabili imputabili alla struttura meccanicistica dell’economia, Georgescu-Roegen critica appunto “la concezione del processo economico come un flusso circolare all’interno di un sistema completamente chiuso e autosufficiente”, testimoniata dal “diagramma circolare che connette la produzione (un nome) e il consumo (un altro nome) con il quale anche i più apprezzati manuali rappresentano il processo economico”¹¹. E, tuttavia, egli specifica, “questa rappresentazione non è appropriata nemmeno per la circolazione della moneta presa isolatamente, perché persino la moneta (in qualunque forma) si logora e dev’essere sostituita da fonti esterne al flusso monetario circolare. Ma è quasi certo che il flusso circolare della moneta ha influenzato – e tuttora influenza – l’orientamento di praticamente tutti gli economisti. È vero che nessun economista ha mai sostenuto che un processo possa essere completamente rovesciato fino al punto di ritrasformare i mobili in alberi. Eppure, non dobbiamo

¹⁰ S. Zamagni, *Georgescu-Roegen. I fondamenti della teoria del consumatore*, Etas, Milano 1979, p. 94.

¹¹ N. Georgescu-Roegen, *L’economia politica come estensione della biologia*, in Id., *Bioeconomia. Verso un’altra economia ecologicamente e socialmente sostenibile*, a cura di M. Bonaiuti, trad. di G. Ferrara degli Uberti, P. L. Cecioni, L. Maletti, G. Ricoveri, M. Messori, M. Bonaiuti, Bollati-Boringhieri, Torino 2003, p. 68.

dimenticare che, nella definizione stessa di ‘teoria dei cicli economici’, la parola ‘cicli’ rivela che gli economisti non respingono l’idea che nel loro complesso le cose possano tornare a quello che erano prima, ripercorrendo in direzione opposta lo stesso sentiero”¹².

In un simile contesto matura appunto la rivoluzionaria consapevolezza dell’immanenza della legge di entropia a ogni aspetto della realtà, che impone l’esigenza di formulare un nuovo, e più adeguato, paradigma economico. E proprio in tale impresa si cimenta Georgescu-Roegen: con l’elaborazione della *bioeconomia* egli intende rispondere alla necessità di introdurre le leggi del mondo vivente nell’economia, per dare atto della reale complessità espressa dal processo economico e riconoscerne finalmente l’assoluta irreversibilità. E, pertanto, scrive: “Ho ritenuto in passato (e ancora ritengo) che la legge dell’entropia sia la radice profonda della scarsità economica: in un mondo in cui non vigesse tale legge, sarebbe possibile utilizzare tutta l’energia, compresa quella del ghiaccio delle calotte polari, trasformandola in lavoro meccanico, e gli oggetti materiali non si consumerebbero; ma certamente non esisterebbe neppure la vita. Nel nostro mondo, tutto ciò che per noi ha una certa utilità (desiderabilità) è costituito da bassa entropia, ed è per questo che il processo economico è entropico in tutte le sue fibre naturali”¹³.

La *bioeconomia* è, in effetti, il frutto maturo del pensiero di Georgescu-Roegen¹⁴. Non si tratta di un’intuizione acritica, ma piuttosto del risultato consapevole verso cui convergono tutti gli sforzi intellettuali che lo studioso ha profuso in ogni direzione del pensiero: essa esprime la forza di un’attenta riflessione che si è arricchita rincorrendo se stessa attraverso un percorso non solo critico ma anche propositivo. La competenza fuori dal comune con cui Georgescu-Roegen, grazie alla sua ricca formazione, demolisce con rigore miti e pregiudizi che si implementano reciprocamente, e si spinge fino a proporre categorie autenticamente innovative nel campo economico, lo rende un

¹² *Ibidem*.

¹³ N. Georgescu-Roegen, *Analisi energetica e valutazione economica*, in Id., *Bioeconomia*, cit., p. 153 (già pubblicato in N. Georgescu-Roegen, *Energia e miti economici*, trad. di P.L. Cecioni, Boringhieri, Torino 1982. Tranne *Analisi energetica e valutazione economica*, edizione ampliata di un articolo apparso nel 1979 in “The Southern Economic Journal”, i saggi raccolti in questo volume sono tratti da N. Georgescu-Roegen, *Energy and Economic Myths*, Pergamon Press, New York 1976).

¹⁴ Su ciò cfr. M. Bonaiuti, *La teoria bioeconomica. La “nuova economia” di Nicholas Georgescu-Roegen*, Carocci, Roma 2001, pp. 38-40.

interlocutore assai temibile per chiunque trovi confortevole il sistema di valori e conoscenze consolidato.

Considerato, allora, che “la scienza economica ha eliminato la dimensione ecologica dal suo orizzonte”, e così “è diventata una scienza astratta, virtuale, disgiunta dalla realtà della biosfera”, è più che mai vero che “reintegrare questa dimensione fa paura. Impone di rimettere in discussione duecento anni di scienza economica, dal neoliberalismo al neomarxismo. Tutto il mondo delle ‘scienze economiche’ è terrorizzato alla sola evocazione del nome di Nicholas Georgescu-Roegen, padre della bioeconomia e teorico della decrescita, che si è appoggiato alla fisica e alla biologia per riportare l’economia con i piedi per terra. Galileo, che aveva affermato che la Terra gira attorno al Sole, è stato condannato all’ergastolo dalla Chiesa. Georgescu-Roegen, che ha dimostrato che la Terra è finita, è stato condannato all’esilio mediatico da tutti i sostenitori del dogma economico, qualunque fosse la loro tendenza. La realtà paralizza gli economisti neoclassici, che non riescono a immaginare come uscire, senza provocare drammi, dalla falsità in cui essi stessi si sono rinchiusi”¹⁵.

L’importanza fondamentale del rapporto uomo-ambiente è stata sostanzialmente rimossa fino a quando non sono prepotentemente emersi i limiti naturali ai programmi di irresponsabile espansione della base produttiva e dei livelli di consumo della società capitalistica. Com’è noto, secondo il dogma meccanicistico, preso a modello dall’economia ortodossa, il processo economico si gioca tutto all’interno di uno schema circolare in cui si rincorrono produzione e consumo: ignorare il ruolo dell’ambiente in cui esso è immerso equivale a “considerare inesauribili le risorse naturali e le utilità che ne derivano”¹⁶. Tale inesauribilità si fonda, appunto, sull’ingiustificata fiducia nella loro infinita sostituibilità, che, tuttavia, viene inesorabilmente abbattuta dall’impianto teorico che Georgescu-Roegen sviluppa sul principio di entropia: “Detto in soldoni: quando si esaurisce il legno si sostituisce con gli idrocarburi; quando si esauriscono quelli (carbone e petrolio) si sostituiscono con l’energia nucleare. Eccetera. È questione di tecniche da inventare; e di prezzi da pagare. Roegen denuncia l’assurdità di questo teorema. La tecnologia può sostituire una risorsa con un’altra, non può però *creare* nuove risorse: l’ammontare totale delle risorse (energia e materia) è costante. Nulla si crea

¹⁵ V. Cheynet, *Decrescita e democrazia*, in M. Bonaiuti (a cura di), *Obiettivo decrescita*, cit. EMI, Bologna p. 142.

¹⁶ G. Ruffolo, *Lo specchio del diavolo. La storia dell’economia dal Paradiso terrestre all’inferno della finanza*, Einaudi, Torino 2006, p. 38.

e nulla si distrugge. Questa è la prima legge della termodinamica. Dunque, le risorse sono limitate”¹⁷. Ma questo non è tutto: occorre tenere conto anche del ruolo giocato dall’entropia, come fa Georgescu-Roegen. Infatti, proseguendo l’analisi intrapresa, l’indagine sulla produzione rivela come essa sia “trasformazione, non creazione, di risorse utili in risorse inutili, di ‘beni’ in ‘rifiuti’. In termini scientifici rigorosi, e quindi più oscuri, si deve dire, di bassa entropia in alta entropia; o, che è lo stesso, di ordine in disordine. È la seconda legge della termodinamica”¹⁸. Ovvero, la tecnologia non può fare miracoli.

In realtà, la termodinamica - introdotta da un memoria di Carnot del 1824 sull’efficienza delle macchine a vapore, secondo la ricostruzione storica proposta da Georgescu-Roegen - produsse uno sconvolgente effetto¹⁹: poiché la fisica fu costretta a promuovere a legge scientifica l’elementare circostanza che il calore si muove sempre spontaneamente da un corpo più caldo a uno più freddo, “fu necessario creare un nuovo ramo della fisica che si servisse di leggi non meccaniche”, in quanto “le leggi della meccanica non possono rendere conto di un movimento unidirezionale”²⁰. Infatti, se a causa della differenza di temperatura fra due corpi si genera un flusso spontaneo di calore dal corpo più caldo a quello più freddo, fino al raggiungimento dell’equilibrio termico, una volta prodotto l’effetto, non è più possibile risalire alla causa,

¹⁷ *Ibidem*.

¹⁸ Ivi, pp. 38-39.

¹⁹ Per la precisione, lo scacco definitivo al mito della razionalità matematica onnicomprensiva, alimentato dalla scienza newtoniana, avviene ad opera di uno studioso francese, Jean-Joseph Fourier, che, tra il 1807 e il 1811, elabora le sue prime riflessioni sul calore fino alla formulazione della seguente legge: *il flusso di calore fra due corpi è proporzionale al gradiente di temperatura fra essi*. Si tratta di una legge universale, che offre la stessa coerenza della legge di gravitazione di Newton, perché, come ogni corpo ha una massa, è nello stesso tempo capace di trasmettere e ricevere calore. Fourier, in sostanza, eleva il calore al rango di scienza, e introduce una legge indipendente e incompatibile con quella di gravità, in quanto introduce una direzione privilegiata dei fenomeni, posto che il flusso di calore si muove sempre da un corpo più caldo a uno più freddo. Sul ruolo giocato da Fourier nello studio della propagazione del calore cfr. G. Gembillo, *Le polilogiche della complessità. Metamorfosi della ragione da Aristotele a Morin*, Le Lettere, Firenze 2008, pp. 94 ss.; Id., *Neostoricismo complesso*, Edizioni Scientifiche Italiane, Napoli 1999, pp. 45 ss., 72 ss., 104 ss. e anche Id., *Fuoco! La chimica “fonte” della complessità*, in “Complessità”, 1-2, 2009, pp. 65-79. Per una ricostruzione completa delle origini della termodinamica cfr. I. Prigogine e I. Stengers, *La nuova alleanza. Metamorfosi della scienza* [1979], a cura di P. D. Napolitani, Einaudi, Torino 1999, pp. 109 ss.

²⁰ N. Georgescu-Roegen, *Prospettive e orientamenti in economia*, cit., p. 81.

come accade nella meccanica classica: quando i due corpi hanno raggiunto la stessa temperatura, si è verificato un evento irreversibile, cioè il processo di diffusione del calore, e quindi il concetto di direzione privilegiata degli eventi, di irreversibilità, è subentrato a quello, classico, di reversibilità.

In *Energia e miti economici*, Georgescu-Roegen specifica dettagliatamente come si articola la rivoluzione introdotta dalla termodinamica, distinguendo fra la prima legge, di conservazione dell'energia, con la quale ci si muove sempre nell'ambito di astrazione della dinamica classica, e la seconda legge, che invece si occupa dei fenomeni reali. E, infatti, scrive: "L'energia, indipendentemente dalla sua qualità, è sottoposta a una rigorosa legge di conservazione, la prima legge della termodinamica, formalmente identica a quella di conservazione dell'energia meccanica che è stata prima menzionata. E poiché il lavoro è una delle molteplici forme di energia, questa legge fa capire il mito del moto perpetuo di primo tipo. Non tiene invece conto della distinzione fra energia disponibile ed energia non disponibile; *la legge non preclude la possibilità che una quantità di lavoro possa essere trasformata in calore e che questo calore venga poi riconvertito nell'iniziale quantità di lavoro*. La prima legge della termodinamica permette quindi che un qualunque processo possa verificarsi sia 'in avanti' sia 'all'indietro', in modo che tutto ritorni com'era all'inizio, senza che rimangano tracce di quanto è avvenuto"²¹. Come è evidente, il Primo Principio della Termodinamica si iscrive bene nel perimetro concettuale disegnato dalla scienza classica, e non interpreta alcun progresso in direzione della comprensione della realtà concreta: "Con questa sola legge siamo sempre nel campo della dinamica, non in quello dei fenomeni reali, in cui certamente rientra il processo economico"²². E, tuttavia, con l'irrompere della termodinamica nel panorama della scienza, si deve prendere atto, in qualche modo, che le leggi della natura affermano al tempo stesso l'essere e il divenire.

Fin quando ci si è mossi all'interno della cornice concettuale tradizionale, si è tentato di affrontare il problema dei limiti naturali all'espansionismo capitalistico con la formulazione del concetto di sviluppo sostenibile²³, cioè

²¹ N. Georgescu-Roegen, *Energia e miti economici*, in Id., *Energia e miti economici*, cit., pp. 29-30.

²² Ivi, p. 30.

²³ L'originaria formulazione dei concetti di "sostenibilità" e "sviluppo sostenibile" risale a un documento del 1987, il Rapporto della Commissione mondiale per l'ambiente e lo sviluppo (Commissione Brundtland), in cui si elabora il concetto di uno sviluppo che *garantisca i bisogni delle generazioni attuali senza compromettere la possibilità che le generazioni future rie-*

un modello di sviluppo che, pur conservando come obiettivo la crescita della ricchezza, si impegnasse a renderla compatibile con la salvaguardia dell'ecosistema e della sopravvivenza delle generazioni future. Si tratta, in breve, di una crescita economica rispettosa dei limiti ambientali, promossa mantenendo, tuttavia, una visione antropocentrica.

E, in realtà, da questa trappola ideologica non si esce, se non si comprende che l'ambiente non è una risorsa qualunque, né il contesto in cui l'uomo vive, ma è, piuttosto, il sistema di cui egli è parte e assieme al quale coevolva. Infatti, occorre prendere atto che l'economia, nel suo aspetto biofisico, rappresenta un processo di produzione, distribuzione di beni ed espulsione di rifiuti e, in quanto tale, fa parte del vasto sistema ecologico, dinamicamente interpretato. D'altra parte, come è stato correttamente osservato, "l'evoluzione delle scienze naturali a partire da Carnot e Darwin, cioè a partire dalla termodinamica e dall'evoluzionismo, non permette più di separare gli esseri viventi dall'ambiente terrestre. Si tratta di una co-evoluzione, essendo l'evoluzione biologica in reciproca interazione con i mutamenti dell'ecosistema terrestre"²⁴. Si comprende, quindi, in quale senso l'economia "collega il metabolismo industriale della società umana alla bio-geochimica del nostro pianeta"²⁵.

Dall'esigenza di maturare compiutamente questa consapevolezza emerge l'importanza dell'approccio sistemico, come strumento concettuale per affrontare una diversa esperienza gnoseologica: il paradigma della scienza meccanicista, ancora una volta, infatti, col suo metodo riduzionista, offre categorie inadeguate per accedere alla conoscenza di una realtà inestricabilmente complessa come l'ecosistema, che, evidentemente, non può essere disarticolato in parti senza comprometterne la verità. In questa prospettiva, è

scano a soddisfare i propri, e si afferma inoltre che "il concetto di sviluppo sostenibile implica dei limiti, non limiti assoluti, ma quelli imposti dal presente stato dell'organizzazione tecnologica e sociale nell'uso delle risorse ambientali e dalla capacità della biosfera di assorbire gli effetti delle attività umane" (R. Della Seta - D. Guastini, Dizionario del pensiero ecologico. Da Pitagora ai no-global, Carocci, Roma 2007, p. 361).

²⁴J. Grinevald, *Georgescu-Roegen, bioeconomia e biosfera*, in M. Bonaiuti (a cura di), *Obiettivo decrescita*, cit., p. 57. Sull'idea di coevoluzione tra uomo e natura, sistema e ambiente, il riferimento d'obbligo è al concetto di accoppiamento strutturale in Maturana e Varela e all'ipotesi di Gaia di Lovelock. Cfr., per esempio, H. Maturana – F. Varela, *L'albero della conoscenza*, [1984], presentazione di M. Ceruti, trad. di G. Melone, Garzanti, Milano 1999, e J. Lovelock, *Le nuove età di Gaia*, [1988], trad. di R. Valla, Bollati Boringhieri, Torino 1991.

²⁵J. Grinevald, *Georgescu-Roegen, bioeconomia e biosfera*, cit., p. 57.

possibile rinvenire una certa contiguità, ad esempio, tra la *bioeconomia* e l'ipotesi di Gaia: “È chiaro che l'economia mondiale deve necessariamente rispettare certi limiti ecologici globali legati alla capacità di carico dell'ecosistema, alla produttività primaria che dipende dalla fotosintesi della vegetazione, all'integrità della biodiversità, alla stabilità dei cicli biogeochimici, all'equilibrio del sistema climatico del globo, deve insomma rispettare la salute, la stabilità dinamica (omeostasi) del complesso sistema geo-fisiologico della biosfera (in senso vernadskiano) che James Lovelock e Lynn Margulis chiamano Gaia”²⁶. Per questo motivo, evidentemente, “la vicinanza di pensiero tra Lovelock e Georgescu-Roegen a proposito della vita e dell'entropia, della coevoluzione fra gli esseri viventi e l'ambiente, che attingono in realtà alle stesse fonti scientifiche, è senza dubbio rilevante”²⁷.

Mentre, in conseguenza di simili considerazioni, si potrebbe ben dire che “la bioeconomia è la scienza pratica dell'economia planetaria”²⁸, viceversa, ignorando la naturale vocazione dell'ecosistema, la scienza economica classica si rivela indiscutibilmente *pre-termodinamica*, *pre-evoluzionista* e *pre-ecologica*, pertanto, essa è del tutto anacronistica²⁹.

Allo stato attuale delle conoscenze, in effetti, non può più essere negato che la teoria economica tradizionale è irrimediabilmente viziata da due gravi lacune, che compromettono la corretta interpretazione del ruolo della irreversibilità e di quello delle risorse naturali nel processo economico. Lo spiega bene lo stesso Georgescu-Roegen, quando osserva che “l'adozione dell'epistemologia meccanicistica da parte della scienza economica dominante comporta varie conseguenze deplorevoli. La più importante tra queste è la completa ignoranza della natura evolutiva del processo economico. Stabilità come una scienza sorella della meccanica, la teoria ortodossa non fa all'irreversibilità più posto di quanto ne faccia la meccanica stessa. L'analisi dominante del mercato è interamente fondata sulla completa reversibilità da uno stato di equilibrio a un altro. A eccezione di Alfred Marshall e di pochi altri, i teorici dell'economia ragionano come se un evento (per esempio una

²⁶Ivi, p. 68.

²⁷*Ibidem*.

²⁸*Ibidem*. Un'economia planetaria come quella proposta da Georgescu è in sintonia con la medicina planetaria invocata da Lovelock. Cfr. J. Lovelock, *Gaia: manuale di medicina planetaria* [1991], trad. di S. Peressini, Zanichelli, Bologna 1992.

²⁹Cfr. J. Grinevald, *Georgescu-Roegen, bioeconomia e biosfera*, cit., p. 58.

siccità o un'inflazione) non lasciasse alcuna traccia nel processo economico”³⁰.

Ma, occorre ancora sottolineare, tra le più perniciose incongruenze di questa interpretazione mistificante del processo economico si colloca, appunto, l'impropria valutazione del ruolo giocato dalle risorse naturali, che crea l'illusione che l'economia sia del tutto autonoma rispetto ai processi naturali, e al contempo innesca quel procedimento logico viziato nel quale la ragione umana resta invischiata perdendosi in una trama auto-implosiva. In tal senso, dunque, “l'assimilazione del processo economico a una giostra che girebbe tra la produzione e il consumo ha comportato una seconda omissione deplorabile, quella del ruolo delle risorse naturali in tale processo”³¹.

L'artificio intellettuale che consente di trascurare il Secondo Principio della Termodinamica, e quindi l'irreversibile degradazione dell'energia e della materia, è tra i miti economici che si radicano nella complessiva parabola della ragione occidentale: infatti, la configurazione assunta dalla scienza economica come disciplina autonoma deriva dall'inseparabilità della sua evoluzione dalla storia della ragione occidentale³². Al fine di svelare le contraddizioni del dogma meccanicista Georgescu-Roegen può dunque contrapporre il pendolo meccanico alla clessidra termodinamica. Egli scrive, infatti: “Per trovare la radice di tutte queste anomalie, ci basta osservare che, secondo l'epistemologia meccanicistica, l'universo non è altro che un enorme sistema dinamico. Di conseguenza, esso non si muove in un senso particolare. Come un pendolo, può spostarsi altrettanto nel senso opposto senza violare qualche principio della meccanica. Persino i morti potrebbero rivivere una vita in senso opposto e morire alla nascita”³³. Viceversa, se immaginiamo una clessidra³⁴ contenente della sabbia, che rappresenta la materia-

³⁰N. Georgescu-Roegen, *Lo stato stazionario e la salvezza ecologica*, in Id., *Bioeconomia*, cit., p. 101 (già pubblicato anche in N. Georgescu-Roegen, *Energia e miti economici*, introduzione di G. Nebbia, trad. di P.L. Cecioni, G. Ferrara degli Uberti e L. Maletti, Bollati Boringhieri, Torino 1998).

³¹*Ibidem*.

³²A tal proposito, si vedano anche G. Giordano, *Economia, etica e complessità. Mutamenti della ragione economica*, Le Lettere, Firenze 2008, e A. F. De Toni – L. Comello, *Prede o ragni. Uomini e organizzazioni nella ragnatela della complessità*, UTET, Torino 2005.

³³N. Georgescu-Roegen, *Lo stato stazionario e la salvezza ecologica*, in Id., *Bioeconomia*, cit., p. 101.

³⁴Cfr. *ivi*, pp. 101-103.

energia, possiamo descrivere la prospettiva offerta dalla termodinamica di un sistema isolato. Come spiega la prima legge della termodinamica, la quantità di sabbia, spostandosi da una metà all'altra della clessidra, resta costante; tuttavia, nel nostro sistema, specifica Georgescu-Roegen, intanto la sabbia cambia qualità mentre scorre, in quanto la materia-energia si trasforma da utilizzabile in inutilizzabile, e, inoltre, la clessidra non si può mai capovolgere: pertanto, in un sistema isolato, il degrado entropico è costante e irreversibile, come spiega il Secondo Principio della Termodinamica. E, tuttavia, occorre ancora precisare, innanzitutto, che, se “la trasmutazione entropica” non avvenisse “nello stesso senso del flusso della nostra coscienza, cioè parallelamente alla nostra vita”³⁵, non avrebbe alcun significato parlare di aumento della materia-energia inutilizzabile, e, che, in ogni caso, i sistemi isolati non si riscontrano nella nostra realtà se non in laboratorio.

In effetti, proprio per il motivo che la scienza economica era destinata, nella sua ambizione di autonomia, a rappresentare “un'estensione della meccanica razionale, addirittura come un'applicazione sociale della meccanica celeste”, essa “divenne una disciplina accademica fiorente e via via più astratta, la cui razionalità - favorendo una logica dell'equilibrio ed una concezione circolare ed isolata del processo economico - è di ispirazione esplicitamente newtoniana”³⁶. Ma, nonostante la scienza economica si ostini a ignorare la svolta metodologica in atto, “la sorte fatale dell'epistemologia meccanicistica fu decisa quando più di un secolo fa la termodinamica ci costrinse a prendere in considerazione l'irrevocabile diversità che domina il mondo fisico a livello macroscopico”³⁷.

Alla luce di simili considerazioni, poiché il carattere sostanzialmente autodistruttivo del processo di crescita illimitata innescato dal dogma meccanicistico è ormai evidente, non ci si può limitare a una semplice riforma (quale potrebbe essere ad esempio *la sostituzione di una contabilità energetica alla attuale contabilità monetaria*³⁸), ma occorre piuttosto affrontare una sovrer-

³⁵Ivi, p. 103.

³⁶J. Grinevald, *Georgescu-Roegen, bioeconomia e biosfera*, cit., p. 58. Su ciò si veda in particolare S. Latouche, *L'invenzione dell'Economia*, cit., pp. 74 ss., in cui l'autore offre una dettagliata ricostruzione delle origini storiche ed epistemologiche della scienza economica, della formazione dell'immaginario economico collettivo e della intervenuta necessità, per l'uomo occidentale, di emanciparsi da un mito ormai tramontato.

³⁷N. Georgescu-Roegen, *Lo stato stazionario e la salvezza ecologica*, in Id., *Bioeconomia*, cit., p. 101.

³⁸Cfr. ivi, p. 62.

sione dell'interpretazione delle categorie economiche, tale da consentire una lettura integrata del metabolismo complessivo della specie umana nel metabolismo vincolato della Terra. Dal punto di vista etico è evidente che una simile rivoluzione agisce in direzione dell'assunzione di una più consapevole responsabilità nel determinare il destino della Terra, in considerazione dello straordinario potere di interferire col metabolismo globale, espresso dalla specie umana proprio a causa dell'incontenibile potenziale tecnologico sviluppato³⁹.

L'approccio bioeconomico offre un'interpretazione insolita dell'economia, idonea a rivelare l'origine biologica dei fenomeni economici e l'assoluta dipendenza dell'esistenza dell'umanità dalla disponibilità di risorse naturali. Infatti, secondo il punto di vista della scuola bioeconomica, "il pensiero economico deve ritrovare la sua originaria ispirazione, che storicamente trovava, come è noto, il suo posto accanto alle scienze naturali, alla fisiologia e all'agronomia"⁴⁰.

Questo specifico orientamento assunto dal pensiero di Georgescu-Roegen gli ha probabilmente precluso il pieno consenso che avrebbe meritato nell'ambiente accademico, per la sua natura evidentemente eversiva rispetto alla concezione più tradizionalmente antropomorfa e rassicurante del processo economico⁴¹. Esso è tuttavia quello che, in qualche modo, gli ha conquistato la maggiore notorietà, considerato che di fatto getta le basi di ogni successivo pensiero ecologico. È vero, infatti, che "la bioeconomia, nel senso in cui la intende Georgescu-Roegen, considera lo sviluppo tecno-economico della specie umana nell'unità del suo radicamento biofisico così come nella diversità della sua evoluzione culturale e istituzionale, senza mai perdere di vista le costrizioni e i limiti della Terra e della sua biosfera. Questa afferma-

³⁹In più occasioni, infatti, Georgescu-Roegen invoca l'urgenza di una nuova etica, coerente con la prospettiva ormai innegabile della coappartenenza uomo-natura, che si radichi sulla presa di coscienza *ecologica* della condizione terrestre dell'uomo in merito alla sua relazione vitale con la natura. A tal proposito, si vedano in particolare N. Georgescu-Roegen, *Bioeconomia ed etica*, Id., *Quo vadis homo sapiens sapiens?*, Id., *L'economia politica come estensione della biologia*, Id., *Ineguaglianza, limiti e crescita da un punto di vista bioeconomico*, Id., *Lo stato stazionario e la salvezza ecologica*, tutti in Id., *Bioeconomia*, cit.

⁴⁰J. Grinevald, *Georgescu-Roegen, bioeconomia e biosfera*, cit., p. 68.

⁴¹Come scrive Grinevald "È evidentemente questa reintegrazione dell'umano nella natura che sembra più difficilmente accettabile per l'antropomorfismo moderno nato essenzialmente dalla tradizione religiosa giudaico-cristiana dell'Occidente medievale" (J. Grinevald, *Georgescu-Roegen, bioeconomia e biosfera*, cit., p. 72).

zione dei limiti costituisce senza dubbio l'aspetto maggiormente 'ecologico' del messaggio di Georgescu-Roegen"⁴².

Lo stesso Georgescu-Roegen, peraltro, ritiene che la sostanza del processo economico "è essenzialmente biologica"⁴³, e così descrive l'entità del suo impegno scientifico in merito: "Negli ultimi venti anni ho dedicato tutti i miei sforzi di ricerca a questo tema e alle sue conseguenze ecologiche, per mettere a punto un programma bioeconomico che attenuasse gli effetti delle inevitabili calamità ecologiche, le quali altrimenti renderebbero la sopravvivenza della specie umana su questa terra la più breve tra tutte. Tristemente, la mia lotta non ha avuto alcuna influenza sostanziale sul chiassoso dibattito attorno al problema delle risorse naturali, sin da quando presagii l'embargo petrolifero del 1973-74"⁴⁴.

Nel saggio *Quo vadis homo sapiens-sapiens?*, l'autore richiama efficacemente i tre punti, da lui enunciati per la prima volta nel 1970, per descrivere un quadro completo della sua teoria bioeconomica: "1) esiste una forte parentela fenomenologica tra il processo economico e il dominio biologico; 2) il processo economico costituisce un superamento evolutivo della biologia che caratterizza la specie umana; 3) occorre riconoscere che la biologia e l'economia si distinguono dagli altri domini della natura in quanto entrambe sono governate specificamente dalla legge di entropia, senza la quale esse non potrebbero essere compiutamente spiegate"⁴⁵. Egli, cioè, a partire dall'evidente affinità sostanziale rivelata dai fenomeni economici e biologici, comprende che il processo economico rappresenta in realtà l'esito di quel particolare tipo di evoluzione imboccato dalla specie umana attraverso l'affinamento degli organi *esosomatici*⁴⁶, ed è quindi un corollario del proces-

⁴²*Ibidem*.

⁴³N. Georgescu-Roegen, *Quo vadis homo sapiens sapiens?*, in Id., *Bioeconomia*, cit., p. 211.

⁴⁴Ivi, pp. 211-212.

⁴⁵Ivi, p. 212.

⁴⁶Come spiega dettagliatamente l'autore, nei diversi saggi in cui affronta specificamente l'argomento del singolare percorso evolutivo della specie umana, mentre tutti gli esseri viventi si evolvono grazie al miglioramento del loro corredo biologico, di cui sono dotati fin dalla nascita, alcune specie usano organi esosomatici, cioè che non appartengono ai corpi individuali: l'uomo in particolare, migliora il suo grado di adattamento all'ambiente anche attraverso l'utilizzo di strumenti che non appartengono al suo corpo, dal bastone al coltello fino alla progettazione degli strumenti tecnologici più sofisticati. La specie umana, addirittura, si spinge poi fino allo stadio di "costruire strumenti per costruire strumenti che a loro volta vengono utilizzati per costruire altri strumenti" (N. Georgescu-Roegen, *Bioeconomia ed etica*, cit., p. 187), e arriva al punto da riuscire a volare senza ali, come a nuotare senza pinne o branchie

so biologico, e conclude, con inevitabile consequenzialità, che la legge d'entropia è immanente a entrambi i processi.

E, d'altra parte, l'assoluta dipendenza dell'esistenza dell'umanità dalla disponibilità di risorse naturali costituisce una circostanza dalla quale non è possibile prescindere per accedere a una realistica comprensione dei fenomeni economici, se è vero che "la specie umana dopotutto non costituisce un'eccezione nel regno della biologia. Anche noi, come tutte le altre specie biologiche, lottiamo per la vita in un ambiente finito"⁴⁷.

La natura bioeconomica del processo economico, in realtà, emerge lucidamente dalla prospettiva finalmente conquistata attraverso una duplice analisi: quella offerta dall'approccio meccanico e quella offerta dall'approccio termodinamico. Vale la pena affrontare interamente la lettura di questo lungo passaggio scritto in proposito da Georgescu-Roegen: "Come è stato detto tante volte, l'uomo non può creare né distruggere materia o energia. Questa però è solo una metà della storia, la metà raccontata dalla meccanica, modello prediletto dalla maggior parte degli studiosi di scienze sociali. Le risorse naturali, però, non sono costituite da sola materia e sola energia, ma da *materia organizzata in strutture ben precise* e da *energia disponibile*. La semplice materia, come l'oro disperso nel fondo degli oceani, non ha per noi alcun valore: abbiamo bisogno di giacimenti auriferi in luoghi in cui l'oro sia disposto in modo da poterlo estrarre in un tempo utile. Nemmeno l'immensa energia termica contenuta nelle acque degli oceani ha per noi alcun valore: una nave che solca i mari ha bisogno di combustibile, cioè di energia allo stato libero; tutto il carbonio, l'ossigeno, l'idrogeno ecc. del mondo non potrebbero so-

(Cfr. N. Georgescu-Roegen, *L'economia politica come estensione della biologia*, cit., p. 74). Gli economisti considerano gli strumenti che non fanno parte del corredo biologico dell'uomo come capitale fisso, ma, secondo Georgescu-Roegen, il modo in cui li qualifica il biologo Lotka, *strumenti esosomatici* (Cfr. A. J. Lotka, *Elements of physical biology*, Williams & Wilkins Company, Baltimore 1925), rende meglio l'idea che "il processo economico è, in senso lato, una continuazione di quello biologico" (N. Georgescu-Roegen, *Prospettive e orientamenti in economia*, in Id., *Analisi economica e processo economico*, cit., p. 119).

⁴⁷N. Georgescu-Roegen, *L'economia politica come estensione della biologia*, in Id., *Bioeconomia*, cit., pp. 69-70. Maturana e Varela, a tal proposito, hanno teorizzato l'interessante connessione fra conoscenza e azione, sulla base dell'idea che la conoscenza è un fenomeno biologico radicato nell'essere vivente preso nella sua totalità, per cui vivere è agire efficacemente nel proprio dominio di esistenza, e il processo cognitivo è connesso con la struttura di colui che conosce, in un rapporto di circolarità inestricabile tra azione e conoscenza. Cfr. H. Maturana – F. Varela, *L'albero della conoscenza*, cit., in particolare pp. 45, 154, 204.

stentare la vita dell'uomo se non fossero organizzati in una molecola di zucchero, amido o proteina.

Nella metà della storia raccontata dalla termodinamica, le cui leggi sono inesorabili come quelle della meccanica, la materia-energia che costituisce le risorse naturali è qualitativamente diversa da quella che forma lo scarto: quella delle risorse naturali è organizzata secondo schemi ordinati o, come dicono i fisici, ha *bassa entropia*; negli scarti troviamo solo disordine, cioè *alta entropia*. E non è tutto; la seconda legge della termodinamica ci dice anche che tutto l'universo è soggetto a una degradazione qualitativa continua: l'entropia aumenta, e tale aumento è irreversibile. Di conseguenza, *le risorse naturali possono passare attraverso il processo economico solo una volta: lo scarto rimane irreversibilmente uno scarto*⁴⁸. Associando il punto di vista entropico a quello meccanico, è pertanto possibile accedere a una prospettiva più soddisfacente, che ci consegna nuove informazioni: infatti, occorre prendere atto che “né la fisica, né la chimica, possono spiegare la scarsità economica”⁴⁹. La disponibilità o meno attribuita alle risorse naturali è, in effetti, un concetto connotato del tutto *antropomorficamente*, come, peraltro, la legge stessa di entropia, “l'unica che non è legata al tempo ‘cronologico’”⁵⁰. Infatti, l'aumento dell'entropia di un sistema, in conseguenza dell'applicazione di questa legge, implica un confronto fra un *prima* e un *dopo*: si tratta di un'argomentazione che può trovare riscontro solo nella coscienza umana⁵¹. In realtà, come sottolinea Georgescu-Roegen, “di essa non esiste alcuna spiegazione nell'ambito della meccanica, considerato l'unico valido dal pensiero contemporaneo, che sia stata accettata da tutti. Il ricorso alla teoria della probabilità non ha fatto altro che complicare le cose, dando luogo a gravi errori di interpretazione”⁵². Pertanto, egli stesso confessa, in merito, la natura fenomenologica del suo orientamento gnoseologico: “Quando cominciai a scorgere il significato della legge di entropia attraverso le mie semplici e concrete esperienze, mi fu naturale continuare lungo il mio cammino seguendo

⁴⁸N. Georgescu-Roegen, *Processo agricolo e processo industriale: un problema di sviluppo bilanciato*, in Id., *Energia e miti economici* [1982], p. 190.

⁴⁹N. Georgescu-Roegen, *Quo vadis homo sapiens sapiens?*, cit., p. 213.

⁵⁰Ivi, p. 217.

⁵¹Cfr. *ibidem*.

⁵²Ivi, pp. 215-216.

un approccio fenomenologico, un metodo cognitivo che ritengo più sicuro di quello meccanicistico”⁵³.

Non solo il pensatore rumeno proietta l’attenzione su aspetti del processo economico sostanzialmente rimossi nell’analisi tradizionale, ma, denunciando anche l’inesorabilità delle leggi che li presiedono, ne impone l’integrazione all’interno di ogni seria indagine epistemologica diretta alla conoscenza dell’economia. A proposito dell’entropia, egli, infatti, dichiara: “L’uomo non può sconfiggere questa legge, più di quanto non possa arrestare l’azione della legge di gravità; il processo economico, come la stessa vita biologica, è *unidirezionale*. Solo il denaro si muove in un flusso circolare, perché nessuno lo butta via anche se è solo un contrassegno artificiale”⁵⁴. E, ancora, in un altro eloquente passaggio, egli afferma: “Che la legge di entropia sarà un giorno confutata, come è successo per molte altre leggi nella storia, è il ritornello preferito di molti ecologisti impegnati nel sostenere l’ottimismo di coloro che non riescono ad accettare la realtà per quello che è. Tuttavia, la storia sta dalla parte della permanenza della validità della legge. Non a caso tutte le volte che una mano tocca una pentola bollente, è la mano a scottarsi e non la pentola, confermando così la legge di entropia”⁵⁵.

Preso atto che le strutture che sostengono la vita sono soggette alla tirannia dell’irrevocabile degradazione entropica, e, quindi, dipendono inevitabilmente dall’energia e dalla materia disponibile - e accessibile⁵⁶ -, secondo Georgescu-Roegen, la formulazione della teoria bioeconomica assolve, allora, anche l’importante compito di disegnare un diversa cornice di significato, all’interno della quale riconciliare le dinamiche economiche con quelle dei processi naturali. Una simile presa di coscienza, infatti, invoca evidentemente un nuovo paradigma che consenta di reinterpretare il rapporto uomo-natura. La *bioeconomia*, pertanto, “deve studiare l’utilizzo da parte

⁵³Ivi, p. 216.

⁵⁴N. Georgescu-Roegen, *Processo agricolo e processo industriale: un problema di sviluppo bilanciato*, cit., pp. 190- 191.

⁵⁵N. Georgescu-Roegen, *Quo vadis homo sapiens sapiens?*, cit., p. 217.

⁵⁶La distinzione fra materia ed energia disponibile e non disponibile, secondo la prospettiva antropologica, non è sufficiente a garantirne l’effettivo sfruttamento da parte dell’uomo. A tal fine, occorre un’ulteriore qualità, l’*accessibilità*. Spiega Georgescu-Roegen: “La terra è immersa in un mare cosmico di energia disponibile (il flusso prodotto dal sole, per esempio), che non può essere utilizzata perché non è *accessibile*. Ecco dunque che l’energia che noi possiamo effettivamente utilizzare dovrà essere *sia* disponibile *sia* accessibile, una condizione di cui nessun esperto di analisi energetica è veramente consapevole” (N. Georgescu-Roegen, *Quo vadis homo sapiens sapiens?*, cit., p. 216).

dell'uomo delle diverse fonti energetiche e della materia del processo economico. Si avrebbe così un impianto teorico sul quale basare la ricerca di una nuova impostazione economica, in una rinnovata alleanza con la Natura, da attuare nell'attesa o nella ricerca di Prometeo III⁵⁷; ovvero nella speranza dell'intervento della scoperta di una nuova fonte di energia sfruttabile, dopo le rivoluzionarie scoperte del fuoco e della macchina termica.

Come denuncia il pensatore rumeno, "il fatto palese che tra il processo economico e l'ambiente materiale esista una mutua, ininterrotta influenza è irrilevante agli occhi dell'economista standard. E lo stesso è vero per gli economisti marxisti, i quali giurano sul dogma di Karl Marx secondo il quale tutto ciò che la natura offre all'uomo è un dono spontaneo"⁵⁸; mentre, viceversa, "l'intera storia economica dell'umanità dimostra al di là di ogni dubbio che anche la natura svolge un ruolo importante nel processo economico, oltre che nella formazione del valore economico"⁵⁹. Per questo motivo, conclude, a tal proposito, Georgescu-Roegen: "È tempo, io credo, che accettiamo questo fatto e ne consideriamo le conseguenze per il problema economico dell'umanità", poiché "alcune di queste conseguenze hanno infatti un'eccezionale importanza ai fini della comprensione della natura e

⁵⁷S. Zamberlan, *Economia e biologia, la teoria bioeconomica di Nicholas Georgescu-Roegen*, in "Il pensiero economico moderno", anno XXVI, n. 4 –Ottobre-Dicembre 2006, p. 77. Secondo la ricostruzione offerta da Georgescu-Roegen, nell'ambito dell'articolata parabola della storia della specie umana, solo due fra le numerose innovazioni tecnologiche dell'uomo integrano gli estremi di "mutazioni bioeconomiche" vere e proprie: le cosiddette "innovazioni prometeiche", ovvero il controllo del fuoco e l'invenzione della macchina a vapore, che egli attribuisce simbolicamente a Prometeo I e a Prometeo II. Si tratta di scoperte di importanza enorme, proprio in quanto rappresentano due casi di "conversione energetica qualitativa". Il fuoco consente "la conversione dell'energia chimica delle materie combustibili in calore", e inaugura quella che potremmo definire l'età del legno. Quest'ultimo è stato per millenni la sola fonte di potere calorifico, fin quando, nella seconda metà del XVII secolo, venendo meno il combustibile alla tecnologia basata sul legno, a causa del feroce disboscamento, si andava configurando l'imminenza di una crisi energetica. Ma proprio a questo punto si è verificata la seconda innovazione prometeica, quella della macchina termica, che consente una nuova conversione energetica qualitativa, quella da *potere calorifico a energia meccanica*: "Con un po' di carbone e una macchina termica possiamo estrarre altro carbone e anche altri minerali con i quali fabbricare diverse macchine termiche, che a loro volta generano altre macchine termiche" (N. Georgescu-Roegen, *Analisi energetica e valutazione economica*, in Id., *Bioeconomia. Verso un'altra economia ecologicamente e socialmente sostenibile*, cit., pp. 180-181).

⁵⁸N. Georgescu-Roegen, *La legge di entropia e il problema economico*, in Id., *Bioeconomia*, cit., pp. 79-80 (già pubblicato in N. Georgescu-Roegen, *Analisi economica e processo economico*, e in Id., *Energia e miti economici*, edizione italiana del 1998, cit.).

⁵⁹Ivi, p. 80.

dell'economia umana"⁶⁰. In breve, si tratta di un cambiamento di prospettiva che non può essere più rimandato.

Occorre intraprendere un cammino che si prospetta niente affatto agevole: il paradigma scientifico meccanicistico è talmente radicato nella mentalità comune da creare un'ostinata resistenza intellettuale all'accettazione dell'inesorabilità della legge dell'entropia, nonostante si tratti di una elementare verità fenomenologica. Al punto che, secondo Georgescu-Roegen, alcuni studiosi sono arrivati a coltivare l'illusione che la vita sfugga alla legge dell'entropia, incoraggiati dal fatto che "su archi temporali di breve durata gli organismi viventi rimangono pressoché immutati"⁶¹: tuttavia, in realtà, egli osserva ancora, "la vita avrà forse proprietà che non possono essere spiegate dalle leggi naturali, ma l'ipotesi stessa che possa violare qualche legge della materia (che è qualcosa di completamente diverso) è una mera sciocchezza. La verità è che ogni organismo vivente si adoperava soltanto a mantenere costante la propria entropia. E ottiene il suo scopo (nella misura in cui l'ottiene) traendo bassa entropia dall'ambiente per compensare l'aumento di entropia cui, come ogni struttura materiale, l'organismo è ininterrottamente soggetto. Ma l'entropia del sistema totale – formato dall'organismo e dal suo ambiente – non può che crescere. In effetti, l'entropia di un sistema deve crescere più velocemente in presenza che non in assenza della vita. Il fatto che gli organismi viventi combattano la degradazione entropica della loro struttura materiale può ben essere una proprietà caratteristica della vita, che le leggi materiali non sono in grado di spiegare; ma ciò non costituisce una violazione di tali leggi"⁶². Né, tantomeno, l'attività economica, anche quando sembra creare ordine dal disordine - ad esempio attraverso la raffinazione di un minerale grezzo-, sfugge alla legge di entropia, poiché il bilancio entropico complessivo dell'ambiente circostante resta negativo, a causa del dispendio energetico innescato dal processo. In altri termini, la legge di entropia ci insegna che, in ogni caso, "il costo di qualunque intrapresa biologica o economica è sempre maggiore del prodotto. In termini di entropia, qualunque attività del genere ha inevitabilmente per risultato un deficit"⁶³.

È altrettanto vero, in ogni caso, che, nonostante la sua eccezionale attenzione all'incidenza del Secondo Principio della Termodinamica nella realtà, economica in particolare, per Georgescu-Roegen è assolutamente chiaro

⁶⁰*Ibidem.*

⁶¹Ivi, p. 84.

⁶²Ivi, pp. 84-85.

⁶³Ivi, p. 85.

come non esista alcuna contraddizione, in termini di leggi naturali, tra il fatto che l'universo materiale sia costantemente soggetto a un processo irreversibile di degradazione e il fatto che all'interno di esso possano svilupparsi e anche espandersi delle strutture viventi. Egli ammette che la proprietà della vita di andare contro il flusso di degrado della materia inerte si giustifica senza ricorrere ad alcun tipo di misticismo⁶⁴. E ciò, evidentemente, in quanto: "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 di 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 struttura 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"⁶⁵.

Com'è evidente, Georgescu-Roegen si avvale della "terminologia termodinamica" codificata da Ilya Prigogine, cui egli stesso fa esplicito riferimento⁶⁶. Nell'accezione che utilizza, pertanto, mentre un sistema *aperto*⁶⁷ può scam-

⁶⁴A proposito del fatto che le leggi naturali dell'evoluzione biologica sembrano contraddire i principi della termodinamica, scrive Enzo Tiezzi: "I sistemi biologici sono una manifesta violazione della seconda legge, presentano strutture estremamente ordinate e si evolvono nella direzione di un più profondo ordine, di una minore entropia. In realtà la contraddizione è solo apparente. Il bilancio entropico deve essere globale e deve includere sia l'organismo biologico sia l'ambiente col quale l'organismo scambia continuamente energia e materia. Si vede così che gli organismi biologici si sviluppano e vivono in virtù dell'aumento di entropia che il loro metabolismo provoca nell'ambiente circostante. La variazione di entropia globale (sistema+ambiente) è positiva, l'entropia dell'universo è aumentata, la seconda legge non è stata violata". (E. Tiezzi, *Tempi storici e tempi biologici. La Terra o la morte: i problemi della 'nuova ecologia'*, Garzanti, Milano 1986, p. 52).

⁶⁵N. Georgescu-Roegen, *Postfazione*, in J. Rifkin, *Entropia*, [1980], con la collaborazione di T. Howard, trad. di G. Gregorio, postfazione di N. Georgescu-Roegen, Baldini Castoldi Dalai, Milano 2004, p. 430.

⁶⁶Cfr. N. Georgescu-Roegen, *Analisi energetica e valutazione economica*, in Id., *Bioeconomia. Verso un'altra economia ecologicamente e socialmente sostenibile*, cit., p. 135.

⁶⁷Bertalanffy introdusse la distinzione tra sistemi *chiusi*, i soli presi in considerazione dalla fisica classica, e sistemi *aperti*, ovvero, in pratica, ogni organismo vivente, ma solo con Prigogine si è arrivati alla formulazione della nuova termodinamica dei sistemi aperti. Cfr. L. von Bertalanffy, *Teoria generale dei sistemi. Fondamenti, sviluppo, applicazioni*, cit., pp. 74 ss. e pp.

biare sia energia che materia con l'ambiente circostante, un sistema è *chiuso* se può scambiare soltanto energia, ma non materia; un sistema *isolato*, infine, non può scambiare niente⁶⁸. Nel saggio *Lo stato stazionario e la salvezza ecologica*⁶⁹, in particolare, egli si riferisce alla Terra come sistema *chiuso*. In considerazione di ciò Georgescu-Roegen denuncia la disattenzione degli studiosi non soltanto in relazione al problema dell'esaurimento delle risorse energetiche disponibili - preso atto che l'uomo non è attualmente in grado di sfruttare in pieno l'energia solare - ma anche in relazione a quello derivante dall'usura della materia stessa, che con il semplice attrito si dissipa inevitabilmente, al pari dell'energia: questo è un passaggio chiave nell'impianto teorico bioeconomico, in quanto quella che può apparire una realtà fenomenologicamente evidente stenta a lasciarsi tradurre in una legge scientificamente ineccepibile. E, in realtà, il problema della rilevanza della degradazione della materia in un sistema chiuso ha impegnato Georgescu-Roegen in estenuanti polemiche sia contro i sostenitori del cosiddetto dogma energetico, secondo il quale con una quantità sufficiente di energia è possibile effettuare un riciclaggio completo della materia, sia contro il mito della salvezza ecologica mediante il raggiungimento dello stato stazionario, inteso come stato di crescita zero. Al punto che egli si è visto costretto a formulare provocatoriamente il cosiddetto **quarto principio della termodinamica**⁷⁰, in base al quale *in un sistema chiuso l'entropia della materia deve tendere verso un massimo*⁷¹.

Occorre tenere presente, infatti, che, sebbene l'economia sia un sistema aperto, e, pertanto, scambi energia e materia con l'ambiente, reintroducendovi gli scarti, le sue dinamiche devono tuttavia essere interpretate nel

196 ss. Su ciò, si veda anche F. Capra, *La rete della vita* [1996], trad. di C. Capararo, BUR, Milano 2006, cit., pp. 61 ss. e I. Prigogine - I. Stengers, *La nuova alleanza. Metamorfosi della scienza*, cit., pp. 136 ss.

⁶⁸Cfr. N. Georgescu-Roegen, *Analisi energetica e valutazione economica*, in Id., *Bioeconomia*, cit., pp. 135-136, con particolare attenzione alla nota n.10.

⁶⁹Cfr. N. Georgescu-Roegen, *Lo stato stazionario e la salvezza ecologica*, in Id., *Bioeconomia*, cit., pp. 103 ss.

⁷⁰La terza legge della termodinamica, secondo la quale *la temperatura dello zero assoluto non può essere raggiunta con un numero finito di trasformazioni*, è in effetti un teorema sviluppato da Walter Nernst sulla base del secondo principio della termodinamica (cfr. N. Georgescu-Roegen, *Analisi energetica e valutazione economica*, cit., p. 149).

⁷¹Su ciò, cfr. in particolare N. Georgescu-Roegen, *Lo stato stazionario e la salvezza ecologica*, cit.; Id., *Bioeconomia e degradazione della materia*, in R. Molesti (a cura di), *Economia dell'ambiente e bioeconomia*, cit.; Id., *Energia e miti economici*, cit.

complesso della loro integrazione all'interno del più ampio sistema naturale: quello della Terra, il quale, viceversa, si colloca fra i sistemi chiusi, cioè tra quelli che scambiano energia, ma non materia, con l'esterno. "Il fatto è", scrive Georgescu-Roegen, "che la Terra è un sistema termodinamico aperto solo per quanto riguarda l'energia: la materia meteorica che arriva, anche se in quantità non trascurabile, è già dissipata. Di conseguenza possiamo contare solo sulle risorse minerali, che, però, non sono né sostituibili né inesauribili"⁷². Il nostro pianeta, infatti, è esposto al continuo flusso dell'energia solare⁷³. Tuttavia, dal punto di vista pratico, potrebbe addirittura assumere complessivamente i connotati di un sistema isolato, in quanto l'uomo non è attualmente in possesso degli strumenti adeguati per uno sfruttamento diretto dell'energia solare⁷⁴. Pertanto, bisogna considerare che, se è vero che "il nostro pianeta riceve l'energia solare, della quale però non abbiamo ancora imparato a sfruttare che una minima parte", in effetti, "quanto meno dal punto di vista del processo economico", esso "è più simile ad un sistema isolato, e noi siamo costretti ad utilizzare l'energia fossile e le risorse minerali, che sono finite e non sostituibili"⁷⁵. Bisogna, in definitiva, prendere atto che, da un lato, non esistono ricette fattibili per una tecnologia solare vitale, ovvero in grado di *auto-sostentarsi*⁷⁶ e, dall'altro, anche la stessa materia è soggetta a

⁷²N. Georgescu-Roegen, *Energia e miti economici*, cit., p. 37.

⁷³Nonostante ciò, allo stato attuale della tecnologia, è ancora impossibile risolvere il problema della carenza di risorse energetiche mediante il ricorso a questo tipo di energia, che è *disponibile*, secondo la terminologia di Georgescu-Roegen, ma non *accessibile*: "Forse quando diciamo che l'energia solare è gratuita vogliamo semplicemente dire che è 'estremamente abbondante', e in effetti lo è: il flusso annuale che raggiunge gli strati superiori dell'atmosfera è circa dodicimila volte superiore all'attuale consumo energetico mondiale da qualunque fonte! Sfortunatamente la sola abbondanza di energia *in situ* non costituisce necessariamente un vantaggio, e questo è proprio il caso dell'energia solare, che è abbondante, ma ha anche il grande difetto di essere estremamente debole quando ci raggiunge" (N. Georgescu-Roegen, *Analisi energetica e valutazione economica*, in Id. *Bioeconomia*, cit., p. 166). Per quanto riguarda le oggettive difficoltà di sfruttamento diretto e integrale dell'enorme quantità di energia solare si veda, in particolare, N. Georgescu-Roegen, *Energia e miti economici*, cit.

⁷⁴Cfr. S. Zamberlan, *L'entropia come fondamento dell'economia nel pensiero di Georgescu-Roegen*, in "Il pensiero economico moderno", anno XXVI, n.1 – Gennaio-Marzo 2006, pp. 37-62.

⁷⁵Ivi, p. 52.

⁷⁶In sostanza, secondo Georgescu-Roegen, una tecnologia è fattibile quando, dati determinati ingredienti, *il metodo realizzabile può essere effettivamente realizzato per ottenere il risultato voluto*. Tuttavia, un metodo realizzabile non corrisponde necessariamente a un'iniziativa economica vantaggiosa. Su ciò, cfr., in particolare, N. Georgescu-Roegen, *Ricette fattibili contro tecnologie vitali*, in Id., *Bioeconomia*, cit., dove l'autore scrive: "Chiaramente il processo (o

degradazione, né, come sappiamo, esiste un flusso di materia proveniente dall'esterno che possa essere assorbito dalla Terra. Per questo motivo, allora, come spiega bene lo stesso Georgescu-Roegen in *Bioeconomia e degradazione della materia*, il processo economico è evidentemente aperto, mentre la Terra è un sistema chiuso, “pertanto non è escluso che in avvenire alcuni materiali possano divenire un fattore più critico dell'energia. Il sole come sorgente di energia durerà ancora almeno quattro miliardi di anni, più a lungo della più ottimistica durata della specie umana. Alcuni autori, tra tutti quelli, innumerevoli, che parlano oggi lungamente sulla energia, sostengono che ‘l'idea di un possibile esaurirsi della materia è ridicola. L'intero pianeta è composto di minerali’. Questa affermazione ignora che il pianeta non è completamente composto di materiali utilizzabili. È la quarta legge della termodinamica che

ricetta) è fattibile se *al momento della discussione* ne conosciamo le coordinate specifiche di flusso e di fondo. Cuocere il pane, trasmettere messaggi mediante onde elettromagnetiche, fondere il minerale di ferro, sono tutte ricette fattibili. Ma controllare l'energia termonucleare o prevedere un terremoto non sono ricette fattibili. Inoltre, nonostante tutti i processi inclusi in qualsiasi tecnologia debbano essere fattibili, non tutte le tecnologie sono *vitali (viable)*. Per chiarire: una tecnologia è ‘vitale’ quando e solo quando è in grado di mantenere la corrispondente struttura materiale e, necessariamente, la specie umana. Un'illustrazione di ciò che intendiamo per ‘vitale’ si può trovare nell'organismo vivente o nella specie biologica. Quel che pare necessario sottolineare è che ogni tecnologia vitale è sostenuta da qualche ‘carburante’, da qualche risorsa naturale, ma nessuna tecnologia può creare il suo proprio carburante. Un esempio di tecnologia non vitale è il seguente. Immaginiamo una tecnologia in cui il capitale è costituito da un martello di pietra con il quale vengono costruiti altri martelli, utilizzando pietre liberamente disponibili. Lo stesso martello è usato anche per spaccare noci molto dure, che sono il solo cibo della popolazione di questo luogo. Se il martello non dura abbastanza per costruire gli altri martelli e per spaccare le noci necessarie a mantenere la popolazione allora quella tecnologia non è vitale. Questo esempio illustra i lati negativi dell'uso diretto di energia solare”; infatti “il difetto principale dell'energia solare è la bassa intensità con cui raggiunge la terra e (punto trascurato) l'assenza di qualunque proprietà di autoconservazione. Anche la pioggia arriva a terra con una bassa intensità media, ma si accumula naturalmente fino a raggiungere – gratuitamente – l'intensità energetica delle cascate del Niagara”. E, in effetti, nonostante i mirabolanti progressi della tecnologia, solo due invenzioni nella storia intera dell'uomo hanno prodotto tecnologie vitali: la scoperta del fuoco e quella della macchina a vapore, che ha prodotto la tecnologia nella quale ancora oggi ci troviamo (cfr. *ivi*, pp. 208-209, e anche N. Georgescu-Roegen, *Bioeconomia e degradazione della materia*, cit.; Id., *Analisi energetica e valutazione economica*, cit.). Sul concetto di tecnologia vitale, cfr. anche N. Georgescu-Roegen, *Dogma energetico, economia energetica e tecnologie vitali*, in Id., *Energia e miti economici* [1998], cit., p. 172, nella edizione italiana più recente, citata nella precedente nota 25.

ne rivela l'assurdità. Certamente lo stock terrestre di palladio, per esempio, è praticamente costante, ma lo stock di palladio utilizzabile decresce⁷⁷.

In effetti, solo ignorando quella sostanziale asimmetria, esistente nel mondo macroscopico, tra energia e materia, che, invece, fonda razionalmente la distinzione fra sistemi aperti e sistemi chiusi, il cosiddetto dogma energetico⁷⁸ può sostenere che non esistono vincoli materiali alla crescita economica, in quanto *con una sufficiente quantità di energia è possibile ottenere qualunque materiale si voglia e riciclare qualunque quantità di materia*. Viceversa, ribadisce Georgescu-Roegen, “come tutti sappiamo, l'energia disponibile e le strutture materiali ordinate rivestono due ruoli distinti nella vita del genere umano”⁷⁹. E, nondimeno, “tale distinzione antropomorfa non sarebbe, da sola, decisiva”⁸⁰. Ciò perché, in concreto, l'allettante miraggio del completo riciclaggio della materia è evidentemente incompatibile anche con le reali leggi del nostro universo, dove “non c'è creazione di materia a partire dalla sola energia in proporzioni minimamente significative”⁸¹.

In definitiva, occorre ancora prendere in considerazione un ulteriore fatto fisico: “Nonostante l'equivalenza di Einstein fra massa ed energia, non ci sono motivi per credere di poter convertire energia in materia, se non su scala atomica, in un laboratorio, e solo per alcuni elementi speciali. Non possiamo, per esempio, produrre una lastra di rame solo dall'energia: tutto il rame di quella lastra deve esistere come rame fin dall'inizio (in forma pura o in qualche composto chimico)”⁸². Inoltre, non si può prescindere in questa analisi da un'altra elementare circostanza: “Nessuna macrostruttura materiale (sia essa un chiodo o un aereo a reazione) che abbia un'entropia più bassa di quella di ciò che la circonda può conservare per sempre la forma originale; neppure le singole organizzazioni caratterizzate dalla tendenza a sfuggire al decadimento entropico - le strutture biologiche - ci riescono. I manufatti che

⁷⁷N. Georgescu-Roegen, *Bioeconomia e degradazione della materia. Il destino prometeico della tecnologia umana*, in R. Molesti (a cura di), *Economia dell'ambiente e bioeconomia*, cit., p. 110.

⁷⁸Su questo tema cfr. N. Georgescu-Roegen, *Bioeconomia e degradazione della materia. Il destino prometeico della tecnologia umana*, cit.; Id., *Analisi energetica e valutazione economica*, cit.; Id., *Dogma energetico, economia energetica e tecnologie vitali*, cit.

⁷⁹N. Georgescu-Roegen, *Energia e miti economici*, cit., p. 36.

⁸⁰*Ibidem*.

⁸¹N. Georgescu-Roegen, *Lo stato stazionario e la salvezza ecologica*, in Id., *Bioeconomia*, cit., pag. 106.

⁸²N. Georgescu-Roegen, *Energia e miti economici*, cit., pp. 36-37.

costituiscono ora parte essenziale del nostro modo di vivere si devono continuamente rinnovare attingendo a qualche fonte”⁸³.

Peraltro, che il riciclaggio non possa essere completo è una verità innegabilmente tangibile nella vita quotidiana. Tuttavia, sebbene Georgescu-Roegen considerasse in principio ovvia l’evidente circostanza che anche la materia subisce un’irreversibile degradazione, l’esplosione di popolarità raccolta dal cosiddetto dogma energetico⁸⁴ intorno agli anni Settanta lo indusse a formulare specifiche argomentazioni, in merito a questo argomento, fino alla provocatoria enunciazione della citata quarta legge della termodinamica⁸⁵: egli afferma, infatti, che “il dogma energetico ha fatto nascere altri sviluppi fallaci, che sono particolarmente dannosi per un mondo che oggi prova difficoltà economiche e demografiche senza precedenti”⁸⁶; e aggiunge: “Nei miei primi lavori sulla relazione tra il processo economico e la legge della termodinamica, ho affermato semplicemente che ‘noi non possiamo utilizzare una quantità di bassa entropia che una sola volta’. A quell’epoca non potevo immaginare che la scienza potesse sostenere il contrario per ciò che concerne la materia. È per questo che non ho fatto sforzi per denunciare il dogma energetico che dopo averne preso coscienza molto più tardi”⁸⁷.

Sostanzialmente, sebbene sia realmente difficile negare che gli oggetti si usurino e la materia sia soggetta a dispersione, “ciò che caratterizza il dogma energetico è l’idea che con energia sufficiente si possano, per esempio, raccogliere tutte le parti di caucciù disperse per la frizione dei pneumatici sulle strade e anche rigenerare i pneumatici usati”⁸⁸; e, tuttavia, commenta causticamente Georgescu-Roegen, “curiosamente nessun adepto del dogma energetico ha trovato necessario spiegare, almeno a grandi linee, come tale operazione potrebbe essere effettuata”⁸⁹. La verità è, piuttosto, che anche la

⁸³Ivi, p. 37.

⁸⁴Cfr. in proposito N. Georgescu-Roegen, *Analisi energetica e valutazione economica*, cit.

⁸⁵In merito ai problemi teorici connessi al principio di degradazione della materia nell’ambito del pensiero ecologico e alle specifiche critiche rivolte da fisici, chimici ed economisti a questo particolare passaggio del pensiero di Georgescu-Roegen, si veda ancora M. Bonaiuti, *La teoria bioeconomica*, cit., pp. 97-104, e anche S. Zamberlan, *Economia e biologia, la teoria bioeconomica di Nicholas Georgescu-Roegen*, cit.

⁸⁶N. Georgescu-Roegen, *Bioeconomia e degradazione della materia. Il destino prometeico della tecnologia umana*, cit., p. 102.

⁸⁷*Ibidem*.

⁸⁸Ivi, p. 103.

⁸⁹*Ibidem*.

materia subisce una continua degradazione verso una forma non disponibile, ma che, ancora una volta, “è il fascino della *Weltbild* meccanicistica a indurci a credere che la materia possa essere senz’altro recuperabile”⁹⁰. Com’è noto, infatti, il dogma meccanicistico ignora il cambiamento qualitativo a vantaggio della sola misura, pertanto “in meccanica la materia può cambiare solo di posto, non di qualità, e perciò un sistema può compiere spostamenti pendolari senza subire alcun cambiamento”⁹¹.

Georgescu-Roegen, viceversa, interpreta in modo sostanzialmente differente le dinamiche innescate nel processo economico dall’ineluttabile interazione con le leggi naturali, e descrive un quadro che può essere così efficacemente sintetizzato: “In un sistema chiuso l’esistenza di una legge di degradazione della materia, unita alla non sostituibilità fra materia ed energia - sancita dalla IV legge della termodinamica appunto, in negazione del dogma energetico -, pone limiti ancor più stringenti, al sistema economico, di quelli connessi alla seconda legge della termodinamica. L’Autore afferma che il processo economico, potendo assorbire solo energia ma non materia dall’ambiente esterno alla Terra, non può compiere lavoro per un tempo infinito, in altre parole *‘il movimento perpetuo di terza specie è impossibile’*⁹², il che è un’altra definizione della quarta legge”⁹³.

Partendo da una premessa insostenibile, ovvero la presunta simmetria tra materia ed energia, il dogma energetico, come Georgescu-Roegen dimostra con una fitta serie di argomentazioni, è privo di ogni fondamento. Tra le argomentazioni decisive, contro l’idea che in presenza di una sufficiente disponibilità di energia sia possibile correggere completamente la dissipazione della materia, egli sostiene: “In ogni caso, si tratta di un’operazione che deve far ricorso a qualche strumento materiale, e dato che non esistono strutture materiali eterne, questi strumenti devono consumarsi per forza ed essere so-

⁹⁰N. Georgescu-Roegen, *Analisi energetica e valutazione economica*, cit., p. 139.

⁹¹*Ibidem*.

⁹²A proposito di moto perpetuo, in *Energia e miti economici*, scrive Georgescu-Roegen: “Un tempo l’uomo credeva di poter spostare oggetti senza consumo di energia, il che costituisce il mito del moto perpetuo di primo tipo, senza dubbio un mito essenzialmente economico. Il mito del moto perpetuo di secondo tipo, quello per cui è possibile utilizzare più volte la stessa energia, continua ad aleggiare sotto forme velate. Un altro mito economico – quello secondo cui l’uomo riuscirà sempre a trovare nuove fonti di energia e nuovi modi per imbrigliarle a suo vantaggio – viene adesso sostenuto da alcuni scienziati, ma soprattutto da economisti di estrazione tradizionale e marxista” (N. Georgescu-Roegen, *Energia e miti economici*, cit. p. 26).

⁹³ S. Zamberlan, *L’entropia come fondamento dell’economia nel pensiero di Georgescu-Roegen*, cit., p. 45.

stituiti con altri, prodotti da qualche altro strumento che si logorerà a sua volta e dovrà essere sostituito, e così via, in una regressione senza fine. Questo è già un motivo sufficiente per negare la possibilità di un riciclaggio completo”⁹⁴.

Se il dogma energetico è privo di fondamento, del tutto valido è, viceversa, il principio contrario, ovvero quello che sostiene che “anche la materia conta”⁹⁵. Si tratta appunto del principio che Georgescu-Roegen formula sotto la dizione di “quarta legge della termodinamica”, proprio in quanto “sull’esempio della legge tradizionale dell’entropia, questa ultima legge è legata alla distinzione tra materia *utilizzabile* (cioè in uno stato tale che noi possiamo utilizzarla nella manipolazione fisico-chimica) e materia *non utilizzabile* (rappresentata dalle particelle di materia che si trovano disperse o senza possibilità di essere riunite in materia utilizzabile)”⁹⁶: in verità, il fatto che delle piccole parti di materia possano considerarsi perdute per l’uomo non significa che esse siano annientate. E, nondimeno, è corretto dire, secondo la quarta legge della termodinamica, che “in ogni sistema chiuso la materia utilizzabile si degrada irrevocabilmente in materia non utilizzabile”, ovvero, appunto, “il movimento perpetuo di terza specie è impossibile”⁹⁷.

Se queste sono le premesse corrette, allora, per affrontare la questione ecologica con una sana dose di realismo, non si può in alcun modo prescindere dalla quarta legge della termodinamica, la cui “importanza è capitale per la questione eminentemente pratica della relazione del processo economico con l’ambiente naturale fisico”⁹⁸.

In effetti, Georgescu-Roegen si vede costretto a insistere sulla evidente circostanza dell’incidenza della degradazione della materia sul processo economico soprattutto a causa dell’ingiustificato ottimismo che vizia irrimediabilmente il pensiero dello *sviluppo sostenibile* come l’allettante prospettiva dello *stato stazionario*: si tratta di soluzioni dell’irreversibile crisi economica in atto più che mai insostenibili alla luce del cambiamento radicale avviato, nella storia economica, dall’ascesa del capitalismo, che ha innescato

⁹⁴N. Georgescu-Roegen, *Analisi energetica e valutazione economica*, in Id., *Bioeconomia*, cit., 142.

⁹⁵Cfr. *ivi*, p. 150; e anche Id., *Dogma energetico, economia energetica e tecnologie vitali*, cit., p. 172.

⁹⁶N. Georgescu-Roegen, *Bioeconomia e degradazione della materia. Il destino prometeico della tecnologia umana*, cit., p. 107.

⁹⁷*Ibidem*.

⁹⁸*Ivi*, p. 108.

un'accelerazione imprevedibile dei processi di produzione e consumo, un vero e proprio "strappo socio-ecologico", dovuto allo straordinario sviluppo economico dell'Occidente a seguito della rivoluzione "termo-industriale"⁹⁹. Come comprende lucidamente lo stesso Georgescu-Roegen, "la tesi secondo la quale lo stato stazionario costituisce la nostra salvezza economica, così brillantemente sostenuta da Herman Daly¹⁰⁰, urta anche contro la quarta legge. La sua grande popolarità nei paesi occidentali è soprattutto dovuta al fatto che la gente dei paesi sviluppati, che presentemente si sentono minacciati dalla crisi dell'energia, desidererebbe mantenere per sempre il loro attuale livello di vita"¹⁰¹. Ma, come sottolinea Georgescu-Roegen, non pare sia stato mai affrontato sistematicamente il problema se un sistema chiuso, come quello della Terra, possa configurarsi come uno stato stabile¹⁰², sebbene, in base a quanto ritiene il dogma energetico, un processo economico chiuso è *riproduttivo*, ovvero può fornire lavoro *meccanico* interno a un tasso costante, purché riceva dall'ambiente un flusso costante di energia¹⁰³: si tratta di quel sistema che nella terminologia di Georgescu-Roegen integra gli estremi del cosiddetto *moto perpetuo di terzo tipo*, la cui esistenza sarebbe tut-

⁹⁹Cfr. J. Grinevald, *Georgescu-Roegen, bioeconomia e biosfera*, cit., p. 69.

¹⁰⁰Daly, famoso teorico dello "stato stazionario", che ha ricevuto grande considerazione nell'ambito del pensiero ecologico, è stato uno dei principali allievi di Georgescu-Roegen. Tuttavia, la posizione di Georgescu-Roegen è il risultato di una spregiudicata analisi della realtà economica, e un onesto realismo in merito rende improponibile qualunque comodo assessment all'interno del paradigma dello sviluppo sostenibile. Questa considerazione chiarisce i termini della controversia fra Georgescu-Roegen e il suo allievo Herman Daly - sostenitore, appunto in una determinata fase del suo pensiero, del cosiddetto *steady state* - il quale, peraltro, tributa ampi riconoscimenti al lavoro di Georgescu-Roegen (cfr., per esempio, H. Daly, *Il contributo di Georgescu-Roegen all'economia: un saggio commemorativo*, in Id., *Oltre la crescita. L'economia dello sviluppo sostenibile* [1996], trad. di S. Dalmazzone e G. Garrone, Edizioni di Comunità, Torino 2001, p. 262). Nell'epistemologia evolutiva del pensatore rumeno, in cui l'unica costante è il cambiamento, la proposta di una economia statica, a crescita zero, come soluzione per rallentare il degrado entropico, è ovviamente inconcepibile, ulteriore frutto dell'infatuazione ottimista degli economisti. Cfr. in merito N. Georgescu-Roegen, *Quo vadis homo sapiens sapiens?*, cit., pp. 221-222.

¹⁰¹N. Georgescu-Roegen, *Bioeconomia e degradazione della materia. Il destino prometeico della tecnologia umana*, cit., pp. 110-111.

¹⁰²Cfr. N. Georgescu-Roegen, *Lo stato stazionario e la salvezza ecologica*, in Id., *Bioeconomia*, cit., p. 105.

¹⁰³Cfr. N. Georgescu-Roegen, *Analisi energetica e valutazione economica*, in Id. *Bioeconomia*, cit., p. 135.

tavia smentita dalla validità della quarta legge della termodinamica¹⁰⁴. E, in realtà, al di là del fatto che non tutta l'energia può essere convertita in lavoro effettivo - in quanto bisogna tener conto dell'incidenza della dissipazione -, resta ancora da considerare il dato che ogni conversione energetica si appoggia su un supporto materiale: ciò significa che non si può, poi, astrarre dalla circostanza che l'attrito dissipa non solo energia, ma anche materia, per quanto ciò possa, in alcuni casi, avvenire in modo impercettibile. Preso atto di questa ulteriore circostanza, diventa allora necessario concludere che "non ci sono strutture materiali immutabili, perché la materia come l'energia si dissipa continuamente e irrevocabilmente"¹⁰⁵. Questa evidente, per quanto paradossalmente contestata, verità, ancora una volta, conferma la facile intuizione che l'idea di riciclaggio completo sia un *pericoloso miraggio*, alimentato dagli ecologisti con la descrizione di "schemi deliziosi" su "come l'ossigeno, l'anidride carbonica, l'azoto e qualche altra sostanza chimica vitale sono riciclati da processi naturali mossi dall'energia solare"¹⁰⁶. Ma, la verità, come rivela Georgescu-Roegen, è che "se queste spiegazioni sono accettabili, è perché la quantità delle sostanze chimiche in questione è talmente immensa che il deficit entropico diventa visibile solo su lunghi periodi"¹⁰⁷. Ciò significa che il riciclaggio completo è impraticabile. A proposito della possibilità di recuperare tutte le molecole necessarie a ricostituire una lastra di rame egli dice: "Quest'operazione non sarebbe concettualmente impossibile, ma in termini entropici è il progetto più fallimentare che si potrebbe escogitare. È questo che i promotori del contrabbando di entropia non sono arrivati a capire"¹⁰⁸.

Non si può ingannare la legge di entropia, pertanto "le 'transazioni' tra il processo economico e l'ambiente devono necessariamente includere, anche in uno stato stazionario, una certa quantità di materia disponibile per compensare la materia che viene continuamente e irrevocabilmente dissipata"¹⁰⁹.

¹⁰⁴Ivi, p. 136.

¹⁰⁵N. Georgescu-Roegen, *Lo stato stazionario e la salvezza ecologica*, in Id., *Bioeconomia*, cit., p. 106.

¹⁰⁶Ivi, p. 107.

¹⁰⁷*Ibidem*.

¹⁰⁸N. Georgescu-Roegen, *Prospettive e orientamenti in economia*, cit., p. 115.

¹⁰⁹N. Georgescu-Roegen, *Analisi energetica e valutazione economica*, in Id. *Bioeconomia*, cit., p. 150.

Indubbiamente l'enunciazione di questa cosiddetta quarta legge della termodinamica ha innescato una controversia inesauribile¹¹⁰. A ben vedere, in sostanza, questa polemica corre il rischio di assumere, a tratti, dal punto di vista pratico, un profilo lezioso. Anche perché, oltretutto, “viene attaccato il voler assurgere a legge una condizione di fatto, l'impossibilità attuale dell'uomo di recuperare completamente la materia che utilizza. Non viene però messo in discussione il ruolo critico che questa incapacità può avere sul nostro sviluppo futuro”¹¹¹.

In sintesi, i termini della questione possono essere riassunti come segue.

Secondo Georgescu-Roegen è palese che in un sistema chiuso anche l'entropia della materia, oltre che quella dell'energia, deve tendere verso un massimo. Tuttavia, sebbene la degradazione della materia resti una verità di fatto incontestabile, molti pensatori, tra cui discepoli¹¹² dello stesso Georgescu-Roegen, ma anche chimici e fisici¹¹³, ritengono che questa circostanza non possa essere stigmatizzata attraverso il rigore formale di una legge fisica. Cioè, in breve, se la degradazione della materia resta, in pratica, un dato inconfutabile, la irreversibilità di tale degradazione non è una acquisizione teorica certa e dimostrata. Infatti, sebbene secondo Georgescu-Roegen sia impossibile recuperare completamente la materia dispersa nell'ambito di un

¹¹⁰ Come scrive Molesti, “si è discusso a lungo se tale enunciato possa, per così dire, essere elevato al rango di legge scientifica. I fisici, in generale, non si sono mostrati entusiasti nel considerare l'asserzione di Georgescu-Roegen come una possibile quarta legge della termodinamica: in ogni caso, si possa o non si possa parlare di una quarta legge della termodinamica, il problema che pone l'Autore è un problema reale. Oltre all'energia anche la materia si degrada: il riciclaggio completo non è possibile, anche ammesso che si disponga di energia a sufficienza. Gli elementi di cui l'uomo può avvalersi subiscono un'usura progressiva, perciò anche il voler mantenere uno stato stazionario, potrebbe rivelarsi, nel lungo periodo, un'utopia. Il poter continuare a coltivare due spighe di grano dove ne nascevano altrettante sarebbe già un miracolo. Che sia accettabile o meno la cosiddetta quarta legge della termodinamica, il problema che ci sta davanti è, in ogni caso, un problema da cui non si può prescindere, al di là dei meri nominalismi” (R. Molesti, *La rivoluzione della scienza e la bioeconomia*, in Id., *I fondamenti della bioeconomia. La nuova economia ecologica*, prefazione di N. Georgescu-Roegen, Franco Angeli, Milano 2006, p. 235).

¹¹¹ S. Zamberlan, *Economia e biologia, la teoria bioeconomica di Nicholas Georgescu-Roegen*, cit., p. 83.

¹¹² Il riferimento è in particolare a K. Mayumi, che contesta la quarta legge in via teorica, ma anche a H. Daly, il cui *steady state* è con essa praticamente incompatibile. Su ciò cfr. ancora M. Bonaiuti, *La teoria bioeconomica*, cit. e S. Zamberlan, *Economia e biologia, la teoria bioeconomica di Nicholas Georgescu-Roegen*, cit.

¹¹³ Cfr. in proposito E. Tiezzi, *Fermare il tempo. Un'interpretazione estetico-scientifica della natura*, prefazione di Ilya Prigogine, Cortina, Milano 1996, pp. 59 ss.

lavoro meccanico o in conseguenza di una frizione, indipendentemente dalla quantità di energia e di lavoro spesi nel tentativo di recupero, secondo Tiezzi, per esempio, la fotosintesi (recupero selettivo di molecole di anidride carbonica disperse nell'atmosfera da parte delle piante verdi per mezzo dell'energia solare) mostra il contrario. Ovvero, il riciclaggio della materia è completamente possibile con una sufficiente quantità di energia disponibile. E, un'operazione di tal tipo, secondo alcuni, potrebbe presto essere resa verosimile dai nuovi orizzonti raggiunti dal progresso tecnico. Pertanto, la razionalità economica e un adeguato sistema di prezzi sono gli strumenti idonei per risolvere qualunque problema ecologico. In altri termini, la quarta legge della termodinamica sarebbe ridotta a un'estrapolazione dal contesto del secondo principio, in quanto un riciclaggio completo sarebbe realizzabile a patto di avere la disponibilità di una sufficiente quantità di energia, e sempre a costo di un cospicuo aumento dell'entropia dell'ambiente circostante.

Resta, tuttavia, il fatto che lo stesso Georgescu-Roegen, in realtà, non nega affatto che sia realmente possibile raccogliere le perle di una collana spezzata, ma sostiene pure che l'operazione diventa assai più dispendiosa se esse sono disperse per la città di Roma intera, o se, addirittura, sono state dissolte nell'acido, nel qual caso occorrerebbe, anche disponendo di tutta l'energia necessaria, un tempo pressoché illimitato. Cioè, secondo lui, nulla osta alla ricomposizione di una struttura materiale parziale, purché si disponga di sufficiente energia libera (e di un tempo infinito, anche!). Per cui, a suo parere, la verità è, piuttosto, che la legge dell'entropia non distinguerebbe, in tal senso, tra materia ed energia.

Quindi, in conclusione, per Georgescu-Roegen, in presenza di elementi e processi ad alta dissipazione, come nel caso dell'usura per attrito delle molecole di una moneta o di quelle della gomma degli pneumatici, il riciclaggio è praticamente improponibile.

Ma vale la pena seguire direttamente dai testi di Georgescu-Roegen, sia pur brevemente, i termini in cui si articola la questione.

Si tratta di una controversia che ha coinvolto numerosi interlocutori appartenenti a diverse discipline, tra cui, come si è accennato, anche un fisico come Tiezzi, il quale afferma: "Georgescu-Roegen assume l'esistenza di un'entropia della materia che tende verso un massimo (massimo disordine e miscelazione di materia) in modo tale che, alla fine, tutta la materia non è più disponibile. Il suo enunciato stabilisce che è impossibile recuperare completamente la materia coinvolta nella produzione di lavoro meccanico o dispersa a causa di frizione, indipendentemente dalle quantità di energia e ma-

teria spese per il recupero. Ma *la fotosintesi mostra il contrario*: recupero selettivo di molecole di anidride carbonica disperse nell'atmosfera da parte delle piante verdi per mezzo dell'energia solare. Oppure: recupero dell'azoto disperso da parte dei batteri fissatori nelle radici delle leguminose. E ancora: recupero della limatura di ferro dispersa tramite energia elettromagnetica. La 'legge' di Georgescu-Roegen è tutta dentro il contesto del secondo principio! Il punto è che per recuperare il materiale disperso è necessario un passaggio da forme ordinate di energia (meccanica, elettromagnetica, chimica) a forme meno ordinate (calore). La gomma consumata dei copertoni o il metallo disperso per frizione delle monete potrebbero essere recuperati solo a costo di un grande aumento di entropia dell'ambiente circostante (e di un'enorme spesa economica). In altri termini, il riciclaggio completo della materia è fisicamente possibile se una sufficiente quantità di energia è disponibile! Il problema è che tale spreco di energia porterebbe a un tremendo aumento di entropia della biosfera, certamente non sostenibile¹¹⁴. E, d'altra parte, Georgescu-Roegen è innegabilmente consapevole della plausibilità di una simile ipotesi teorica. Egli scrive: "Si potrebbe sostenere, pensando all'interpretazione statistica della termodinamica¹¹⁵, che è sicuramente possibile riunire le perle di una collana spezzata. Il riciclaggio non è per l'appunto un'operazione di

¹¹⁴Ivi, p. 61.

¹¹⁵Il riferimento è qui al tentativo del fisico austriaco Ludwig Boltzmann di "spiegare i fenomeni irreversibili fondendo il determinismo perfetto delle leggi reversibili della meccanica di Newton con la probabilità. Questa costruzione ibrida è di interesse cruciale per gli economisti: sostenendo che la rigenerazione dell'energia non disponibile è molto *improbabile* ma non *impossibile*, i fautori della teoria probabilistica inducono a credere che sia possibile barare al gioco entropico [...] È spiacevole quindi che non tutti i fisici sappiano che la costruzione di Boltzmann è stata criticata in modo irrefutabile da alcuni dei più grandi fra i loro colleghi [...]. Ancora peggiore è il fatto che non sappiano che pionieristici contributi di Ilya Prigogine hanno dimostrato che la 'teoria meccanica di Boltzmann sull'evoluzione della materia si basa su argomenti intuitivi e che quanto sostiene non è stato mai stato realizzato, nonostante frequenti affermazioni in senso contrario' [...]. Solo chi non è andato oltre Boltzmann può sostenere [...] che la legge dell'entropia non pone ostacoli a una crescita economica infinita" (N. Georgescu-Roegen, *Analisi energetica e valutazione economica*, p. 139, nota 14). Con il fisico Ludwig Boltzmann, in effetti, la termodinamica diventa una meccanica statistica, in quanto viene posta su basi newtoniane: il comportamento dei sistemi meccanici complessi viene affrontato col ricorso al concetto di probabilità e può essere spiegato nei termini di leggi statistiche. In tale costruzione l'entropia viene definita come una misura del grado del disordine. I tentativi, inaugurati da Boltzmann, di ridurre la legge di entropia all'interno della meccanica statistica sono un vistoso sintomo della dittatura intellettuale ancora esercitata dal paradigma meccanicistico. Su ciò si veda F. Capra, *La rete della vita*, cit., p. 210. Cfr., ad esempio, L. Boltzmann, *Modelli matematici, fisica e filosofia* [1905], a cura di C. Cercignani, trad. di A. Cercignani, Bollati Boringhieri, Torino 1999.

questo tipo? Per scoprire l'errore che nasce estrapolando da una scala all'altra, supponiamo che quelle stesse perle siano state prima dissolte in qualche acido e che la soluzione sia dispersa negli oceani – esperimento che riproduce quel che accade effettivamente alle diverse sostanze minerali, le une dopo le altre. Anche disponendo di tutta l'energia che vogliamo, avremmo bisogno di un tempo fantasticamente lungo e pressoché infinito per rimettere insieme le perle. Questa conclusione ricorda uno degli insegnamenti che figurano nella parte introduttiva di tutti i manuali di termodinamica: tutti i processi che si svolgono a una velocità infinitamente piccola sono reversibili, perché in tali condizioni l'attrito è pressoché nullo. Tuttavia, un simile movimento richiede un tempo praticamente infinito. È questa in effetti, scientificamente parlando, la ragione per cui nella realtà i processi reversibili non sono possibili. Ed è anche la vera ragione per cui la materia non può essere completamente riciclata”¹¹⁶. Un simile passaggio si trova in *Bioeconomia e degradazione della materia*, dove egli scrive: “Immaginiamoci che una collana si rompa e che le sue perle si spandano in una stanza. Si potrebbero certamente raccogliere tutte in un lasso di tempo relativamente breve se si è sufficientemente pazienti. Ma se si rompe in qualche parte di Roma durante la visita alla città, la stessa operazione è quasi impossibile. Non solo ciò prenderà un tempo quasi infinito, ma in più un certo numero di oggetti dovranno essere utilizzati a questo fine e questi si usureranno a loro turno e conseguentemente dovranno essere ricostituiti se si vuole che il riciclaggio sia completo”¹¹⁷.

Il profilo squisitamente teorico di questa sottile discussione è ulteriormente confermato dalle parole dello stesso Tiezzi, quando, ammettendo, in qualche modo, la natura del tutto fantastica dell'ipotesi del riciclaggio totale, dichiara: “In fondo, Nicholas Georgescu-Roegen (ma *non* la sua quarta legge) ha ragione”¹¹⁸.

Ma una completa onestà intellettuale impone un'ultima incursione in merito nel pensiero di Georgescu-Roegen, la cui analisi risulta puntuale nel suo assoluto realismo. Egli commenta: “Poiché la materia, quanto l'energia, è sot-

¹¹⁶N. Georgescu-Roegen, *Lo stato stazionario e la salvezza ecologica*, in Id., *Bioeconomia*, cit., p. 107.

¹¹⁷N. Georgescu-Roegen, *Bioeconomia e degradazione della materia. Il destino prometeico della tecnologia umana*, in R. Molesti (a cura di), *Economia dell'ambiente e bioeconomia*, cit., p. 104. Sullo stesso tema si veda anche N. Georgescu-Roegen, *Analisi energetica e valutazione economica*, in Id., *Bioeconomia*, cit., p. 145.

¹¹⁸E. Tiezzi, *Fermare il tempo. Un'interpretazione estetico-scientifica della natura*, cit., p. 61.

toposta alla degradazione entropica, dovrebbe esserci una formula generale per l'energia della materia analoga a quella che si applica all'energia. Attualmente l'accertamento di una simile formula sembra al di fuori di ogni possibilità. L'ostacolo è la differenza fondamentale tra l'energia e la materia. L'energia è una 'sostanza' omogenea che può sempre essere convertita da una forma in un'altra. Per esempio l'elettricità può trasformarsi in calore, il calore in lavoro, il lavoro in calore e così di seguito. La materia macroscopica, al contrario, è profondamente eterogenea, ogni elemento, ogni sostanza ha il suo proprio carattere"¹¹⁹.

La conseguenza ineluttabile di questa analisi è che, in un sistema chiuso, secondo la quarta legge della termodinamica, l'entropia della materia deve tendere verso un massimo¹²⁰.

L'idea promossa dagli economisti ortodossi è, in effetti, che il progresso tecnologico costituisca la risorsa sufficiente a spostare indefinitamente in avanti la frontiera della produzione, in quanto, mediante la cosiddetta *dematerializzazione del capitale* si configurerà la reale possibilità di produrre sempre più beni con progressivo minor dispendio di materia ed energia, grazie al fenomeno su cui si fonda la *new economy*¹²¹: essa preconizza un'economia

¹¹⁹N. Georgescu-Roegen, *Bioeconomia e degradazione della materia. Il destino prometeico della tecnologia umana*, cit., p. 108. In merito, si vedano anche M. Bonaiuti, *La teoria bioeconomica*, cit., p. 103 e G. C. Dragàn - M. C. Demetrescu, *Entropia e bioeconomia. Il nuovo paradigma di Nicholas Georgescu-Roegen*, Nagard, Milano 1996, pp. 123-124. In *Analisi energetica e valutazione economica*, Georgescu-Roegen scrive anche: "Nel processo economico non si considera la massa in quanto tale, ma la materia in blocco (e naturalmente l'energia), e il problema è che, a differenza della massa e dell'energia, la materia costituisce una categoria assai eterogenea: quasi tutti gli elementi chimici hanno perlomeno una proprietà che li caratterizza completamente e quindi li rende indispensabili in certe applicazioni tecniche. Ci si deve quindi aspettare che, a differenza della teoria generale dell'energia (termodinamica), lo studio delle trasformazioni della materia aggregata sia complicato, come abbiamo visto sopra per il caso dell'attrito. È piuttosto semplice capire come l'energia si degradi, con la dissipazione del calore dai corpi più caldi ai più freddi di un sistema, diventando sempre meno disponibile per una conversione in lavoro meccanico" (N. Georgescu-Roegen, *Analisi energetica e valutazione economica*, in Id., *Bioeconomia*, cit., p. 143).

¹²⁰Cfr. N. Georgescu-Roegen, *Lo stato stazionario e la salvezza ecologica*, in Id., *Bioeconomia*, cit., p. 110.

¹²¹ Questa corrente di pensiero, che si sviluppa negli anni Novanta, si basa sull'ipotesi di un mercato globale che sfrutta le nuove tecnologie informatiche e telematiche e ha prevalentemente come punto chiave i beni immateriali. Si veda, in proposito, per un approccio anche critico, J. Rifkin, *L'età dell'accesso. La rivoluzione della new economy* [2000], trad. di P. Canton, Mondadori, Milano 2009. Si veda anche F. Capra, *La scienza della vita. Le connessioni nascoste fra la natura e gli esseri viventi*, [2002], trad. di D. Didero, Rizzoli, Milano 2004, pp. 206 ss.

leggera, a basso impatto ambientale, in cui il capitale naturale può essere sostanzialmente sostituito dal capitale umano¹²².

In breve, ci si entusiasma all'idea che il progresso tecnologico, conquistando una maggiore efficienza nello sfruttamento delle risorse, possa integralmente sostenere e abbattere il peso dell'impatto ambientale: ma, ancora una volta, ci si affida a una prospettiva geneticamente viziata da riduzionismo e determinismo. Infatti, nonostante le ottimistiche aspettative, se si accede a una visione sistemica, in cui si valuta l'interazione tra impatto sull'ecosistema, produzione-consumo e progresso tecnologico, si perviene alla constatazione del sorprendente risultato di un aumento del complessivo consumo energetico parallelamente alla superiore efficienza conquistata dall'evoluzione della tecnica. In quanto, in realtà, non solo la maggiore accessibilità economica e il miglioramento delle prestazioni garantite dal progresso tecnologico, sollecitano, piuttosto che inibire, il maggiore consumo dei prodotti - dall'automobile al rasoio elettrico -, con conseguente aumento del dispendio energetico; ma, inoltre, la manutenzione dell'enorme comples-

¹²²Ma, come spiega Bonaiuti, la teoria bioeconomica è appunto in grado di dimostrare la natura illusoria anche di questo ulteriore auto-inganno in cui trovano conforto gli economisti. Infatti, egli dice, "legato al fenomeno della degradazione della materia/energia è senz'altro il tema, sovente sbandierato dai fautori dell'ottimismo tecnologico, della *smaterializzazione del capitale*. In particolare, si sente spesso affermare che la *new economy*, basata sull'utilizzo sempre più diffuso delle nuove tecnologie, consentirà di sviluppare un'economia leggera, caratterizzata da consumi sempre minori di risorse e da minore inquinamento. La teoria bioeconomica, tuttavia, presenta significative obiezioni su questo punto. In particolare, utilizzando il modello *flussi/fondi* elaborato da Georgescu-Roegen, è possibile mostrare come i beni prodotti dalla *new economy* necessitino di significativi apporti di capitale. Tale capitale, per essere mantenuto in condizioni di 'efficienza costante', richiede quantità crescenti di input di risorse naturali ed energia. Questo spiega come mai, mentre l'impiego di risorse per *unità di prodotto* è effettivamente diminuito negli ultimi anni [dati OCSE], i consumi *assoluti* delle risorse chiave continuino invece ad aumentare (energia in testa). La teoria bioeconomica consente dunque di comprendere a fondo per quali ragioni il miraggio di un'economia leggera e pulita, che sembra effettivamente realizzarsi per alcuni settori delle economie avanzate, non sia estensibile ad altri settori e tantomeno ai paesi meno avanzati" (M. Bonaiuti, *La teoria bioeconomica. La "nuova economia" di Nicholas Georgescu-Roegen*, cit., p. 13). Il modello *flussi/fondi* è stato elaborato da Georgescu-Roegen all'interno della sua riflessione sulla teoria della produzione. Cfr., in particolare, N. Georgescu-Roegen, *The Entropy law and the Economic Process*, cit., cap. IX; Id., *Analisi energetica e valutazione economica*, cit.; Id., *Ricette fattibili contro tecnologie vitali*, cit.; Id., *Processo agricolo e processo industriale: un problema di sviluppo bilanciato*, cit. Si vedano anche M. Bonaiuti, *La teoria bioeconomica*, cit., pp. 108 ss. e Id., *Introduzione*, in N. Georgescu-Roegen, *Bioeconomia*, cit., pp. 35 ss.; R. Molesti, *Ambiente e produzione: il modello a flussi e flussi*, in Id., *I fondamenti della bioeconomia. La nuova economia ecologica*, cit., pp. 195 ss., p. 196. Cfr. anche D. Donato, *I fisici della Grande Vienna. Boltzmann Mach Schrödinger*, Le Lettere, Firenze 2011.

so di strutture materiali e prestazioni intellettuali, necessario ad alimentare la nuova tecnologia, incide in misura imprevedibilmente elevata sul consumo energetico: è evidente, infatti, che un professionista a elevata specializzazione è il risultato di un investimento assai più consistente rispetto a quello destinato a un semplice operaio.

A questo punto sembra evidente come il pensiero di Georgescu-Roegen si riveli dirimente in merito alla possibilità di coltivare una fiducia indiscriminata nel progresso tecnologico come via di uscita dalla crisi economica, ambientale ed energetica. Infatti, come si è tentato di dimostrare, allo stato attuale delle conoscenze umane, non si può contare sulla possibilità di un riciclaggio totale, né sull'ipotesi che strumenti tecnologici più efficienti garantiscano una maggior produzione di manufatti riducendo l'output di rifiuti: "Macchine più efficienti", ricorda infatti Georgescu-Roegen, "hanno bisogno di quantitativi maggiori di energia e di materia per completare il processo produttivo"¹²³.

Tutto ciò considerato, allora, sembra il momento di affrancare la scienza economica dalla miopia che la affligge consegnandola direttamente all'illusione di concilianti prospettive, in quanto "i progressi tecnologici troppo vantati e propagandati nella nostra epoca non dovrebbero renderci ciechi. Dal punto di vista dell'economia delle risorse terrestri - base del modo di vita industriale dell'umanità - la maggior parte delle innovazioni rappresenta uno spreco di bassa entropia. In proposito, che i rasoi siano gettati tutti interi quando la loro lama ha perso il filo o che montagne di fotocopie siano buttate senza essere nemmeno degnate di uno sguardo, è poca cosa rispetto alla meccanizzazione dell'agricoltura e al ricorso alla 'rivoluzione verde'. Automobili, vetture per il golf, falciatrici ecc. 'più grandi e migliori' significano necessariamente un inquinamento e un esaurimento delle risorse 'più grandi e migliori'¹²⁴.

Georgescu-Roegen con il paradigma bioeconomico, allora, intende offrire un'interpretazione del processo economico più aderente alla realtà sotto due profili fondamentali e interdipendenti: la considerazione dell'ineluttabile interferenza delle leggi naturali nell'economia, in quanto processo integrato nel più ampio metabolismo terrestre, e la conseguente percezione dell'impossibilità di uscire dalla crisi facendo affidamento sull'aspettativa che con una quantità sufficiente di energia si possa compiere lavoro all'infinito.

¹²³N. Georgescu-Roegen, *Ricette fattibili contro tecnologie vitali*, cit., p. 207.

¹²⁴N. Georgescu-Roegen, *Lo stato stazionario e la salvezza ecologica*, in Id., *Bioeconomia*, cit., pp. 111-112.

La lucidità con cui Georgescu-Roegen affronta l'analisi delle dinamiche economiche dischiude, pertanto, una diversa prospettiva, dalla quale è possibile affacciarsi sull'inevitabile crisi ecologica: occorre, in definitiva, abbandonare il mito dell'onnipotenza della tecnologia e decolonizzare il nostro immaginario per riportare l'economia al suo giusto posto nella scala dei valori comuni.

© 2012 dall'Autore/i; licenziatario Humanities, Messina, Italia.

Questo è un articolo ad accesso aperto, distribuito con licenza Creative Commons

Attribuzione - Non commerciale - Non opere derivate 3.0

Humanities, Anno I(2012), numero 2

DOI: 10.6092/2240-7715/2012.2.62-99