



Aurelio Peccei (Torino 1908-1984), manager ed intellettuale; fondò il Club di Roma e commissionò "I limiti dello sviluppo" al MIT; fu autore di numerosi libri

LA CHIMICA E I LIMITI DELLE RISORSE PARTE 1

Questo numero speciale de *La Chimica e l'Industria* ed il prossimo sono dedicati al rapporto fra Chimica e limiti delle risorse materiali ed energetiche. *La Chimica e l'Industria* aveva già pubblicato numeri speciali e questa politica continuerà e verrà intensificata sia con lo scopo di rendere *La Chimica e l'Industria* uno strumento di dibattito interno alla SCI, su temi di grande rilevanza, sia per renderla un giornale scientifico e divulgativo "punto di riferimento" per la pubblica opinione, per la parte più accorta e documentata della società, la scuola e i giovani sui temi caldi della chimica.

L'occasione per la scelta dell'argomento è il 100° anniversario della nascita di Aurelio Peccei. Peccei non è stato solo un manager Fiat, Olivetti, fondatore di Alitalia, ma prima di tutto il fondatore e coordinatore del Club di Roma, e quindi direttamente o indirettamente il responsabile di quella cultura dei "Limiti" espressa in modo completo e puntuale dalle opere dei Meadows e collaboratori. In più di un'articolo di questo numero si nota che la traduzione italiana non ha reso giustizia al titolo: è una questione che ho udito la prima volta da Antonio Di Fazio, il fisico italiano che più si è occupato di questi problemi. Il termine inglese "Limits to growth",

letteralmente "Limiti alla crescita", acquista un significato irrimediabilmente diverso con "I limiti dello sviluppo". L'umanità deve *svilupparsi*, ma non potrà farlo *crescendo* all'infinito in termini quantitativi. Dato che il mondo è finito lo sviluppo deve trasformarsi da quantitativo in qualitativo. L'evoluzione biologica è un esempio; la ricchezza è data dalla biodiversità (come ci ricordano E. Tiezzi e N. Marchettini) e dalle possibilità di arricchimento e complessità delle diverse specie, piuttosto che dall'accrescimento quantitativo di una specie solamente.

In questo numero parliamo dei problemi che la finitezza del mondo e delle sue risorse pongono ad una logica produttiva attualmente fondata sullo "sviluppo del PIL", sulla crescita continua; la Chimica è la scienza dei bilanci di materia ed energia e quindi è la candidata naturale a strumento di ogni valutazione in questo ambito.

Presentiamo undici articoli, quattro dei quali (quelli di Balzani/Armaroli, Trifirò, Monti/Venturi e Lorenzini) saranno pubblicati sul prossimo numero. Commento qui brevemente i primi sette.

Il primo articolo, è un ampio riassunto dell'ultimo lavoro di Jorgen Randers, uno degli autori di Limiti; l'articolo integrale è su "Futures" (doi:10.1016/j.futures.2008.07.042), una rivista che si è occupata

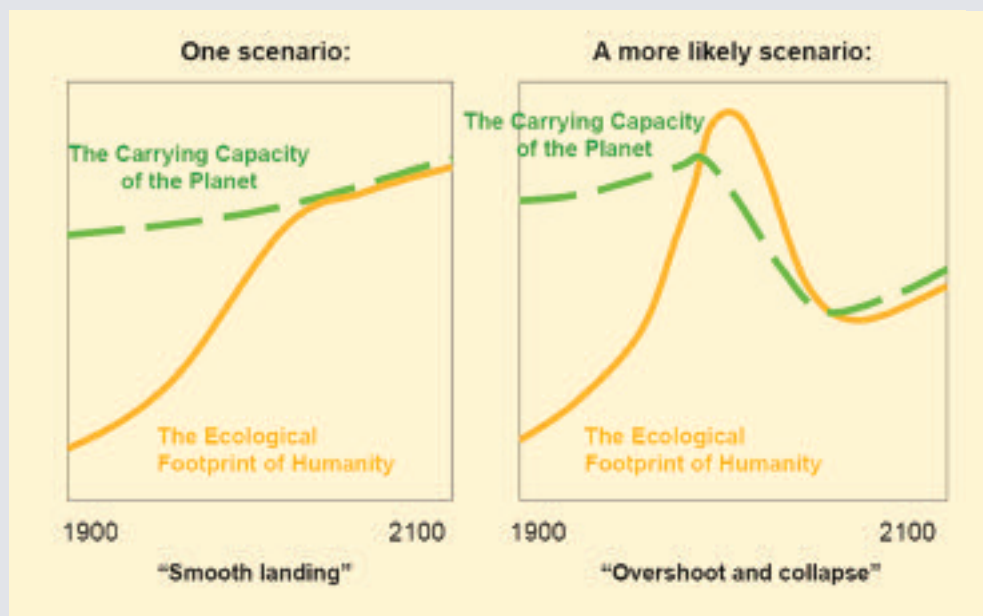
di Limiti, fin dalla prima edizione. La domanda che si pone Randers è la seguente: *“È possibile che la lenta risposta collettiva alla crisi climatica emergente possa produrre un “collasso globale” - cioè, una situazione nella quale la società nel suo complesso prima supera la velocità sostenibile di emissione dei gas serra, e poi sperimenta un improvviso, indesiderato e inarrestabile declino nel benessere medio di centinaia di milioni dei suoi cittadini?”*

Un lettore distratto potrebbe considerare questo argomento off-topic, ma si ingannerebbe; il problema climatico (poi approfondito da Antonio Zecca) è un problema di limiti delle risorse; la risorsa in questione è la capacità dell'atmosfera di assorbire anidride carbonica. Non si tratta di una sorgente, alla pari di una risorsa minerale, ma piuttosto di un pozzo, un assorbitore di scarti; i due problemi sono equivalenti dal punto di vista dei Limiti. In questo senso il problema climatico entra a pieno titolo nel nostro argomento principale.

La risposta di Randers è: *“...il collasso globale è una possibilità nel 21° secolo, a causa delle numerose buone ragioni per ritardare una risposta collettiva, a causa dell'inerzia del sistema climatico, e a causa dei meccanismi cooperativi che possono portare ad un aumento incontrollato della temperatura una volta superata una certa soglia... anche se alla fine avvenisse, non necessariamente sarebbe descritto dagli storici del futuro come tale. Il collasso... potrebbe rimanere una leggenda perfino se fosse un fatto provato.”* La conclusione è apparentemente paradossale ma gli scienziati sanno che individuare meccanismi profondi di un fenomeno non è mai semplice, specie quando esso coinvolga direttamente chi lo studia: una sorta di forma estesa del principio di indeterminazione.

L'obiettivo di Randers è quello di sottolineare ancora una volta che Limiti non voleva dare date precise, ma invece mettere sotto gli occhi di tutti che il modo di vivere e produrre dell'Umanità si caratterizza per sovrasfruttare le risorse del Pianeta; questo sovrasfruttamento non può continuare a lungo, anche in presenza di una sofisticata tecnologia; ci sono limiti materiali che nessuna tecnologia può consentirci di superare. Questo concetto è ripreso da Tiezzi e Marchettini. *“Tutte le azioni umane sono soggette alla ferrea legge del secondo principio della termodinamica, o legge dell'entropia, la quale afferma che tutta l'energia si trasforma inesorabilmente da una forma utilizzabile ad una non utilizzabile. In*

base a questa legge l'attività umana (anche quando crea ordine e organizzazione) produce inevitabilmente disordine, inquinamento e, in ultima analisi, deteriora l'ambiente circostante. L'uso corretto di questa legge determina la qualità delle nostre vite o la distruzione della terra. La Rivoluzione Industriale è responsabile dell'accelerazione di quest'ultimo processo. L'uomo ha il potere e la capacità di accelerare il processo di degradazione (per motivi di profitto, consumismo o egemonia) e causare quindi la morte del pianeta nel giro di decine o centinaia di anni; ma l'uomo ha anche il potere di rallentare il processo stesso fino al suo ritmo naturale e offrire quindi all'umanità e alla natura milioni di anni di vita.” Enzo Tiezzi è uno scienziato che si occupa da molti anni di queste tematiche; tutti noi ricordiamo “Arancia Blu” una rivista che ebbe fortuna in passato e sulla quale molti di noi hanno fatto le prime letture su temi ambientali. Essa introdusse in Italia il tema della sostenibilità intesa nel suo senso più profondo; si tratta di un tema che chiama alla rifondazione del rapporto fra chimica ed altre scienze, prima fra tutte l'economia; questa risulta attualmente fondata su una visione meccanica e non termodinamica del mondo e diventa quindi una vera e propria forma di riduzionismo meccanicistico; ad essa Tiezzi contrappone la “ecological economics”, un approccio che mette al centro la sostenibilità; la conclusione di Tiezzi e Marchettini è: *“La teoria della sostenibilità è invece un rivoluzionario cambio di paradigma, non solo nei confronti delle teorie economiche classiche della crescita, ma anche nei confronti del paradigma ambientalista puro. Sostenibilità, in ultima analisi, significa sopravvivenza delle generazioni future.”*

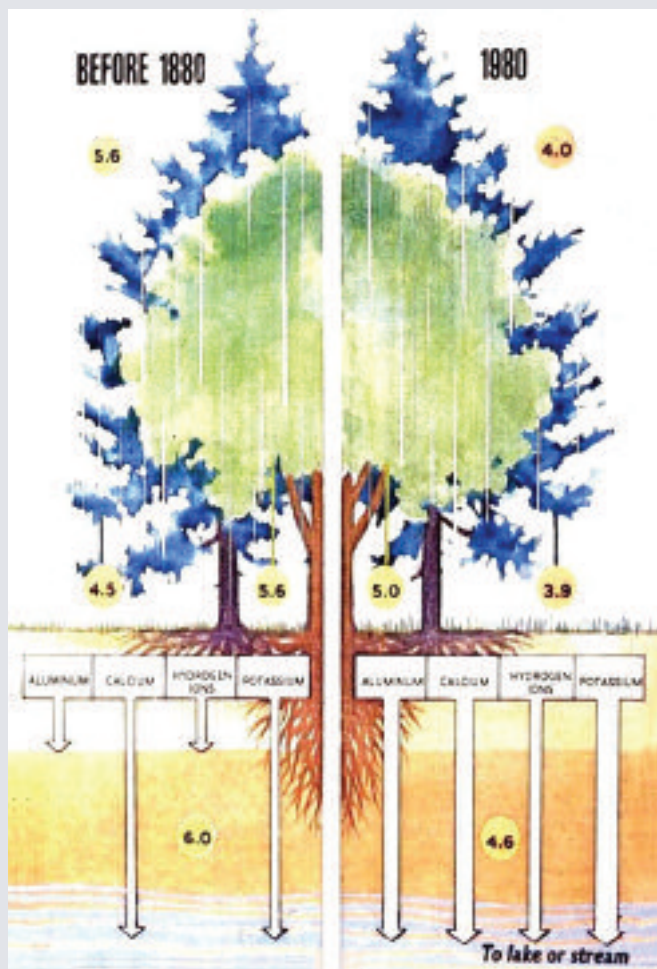


PARLIAMO DI

Sergio Carrà scrive un articolo con un taglio abbastanza diverso dai precedenti; secondo uno dei padri della termodinamica irreversibile in Italia: "L'evoluzione di un ecosistema è caratterizzata da un aumento del suo livello di organizzazione, associato all'emergenza di comportamenti coerenti che creano dei meccanismi in grado di contrapporsi al depauperamento delle risorse naturali. Entrambi i concetti di crescita e sviluppo possono essere studiati nell'ambito della termodinamica dei sistemi in condizioni di non equilibrio." Carrà ritiene incerto il concetto di picco del petrolio poiché ritiene possibile una teoria, quella dell'origine abiotica, che attualmente non è però considerata valida dalla maggioranza dei geologi attivi nel campo. In sostanza, se capisco bene, per Carrà lo sviluppo lontano dall'equilibrio della società umana basato su enormi flussi di informazione, per esempio sulla

ricerca scientifica, potrebbe sconfiggere completamente i problemi legati all'esaurirsi delle risorse: "In questo quadro una visione focalizzata sul limite delle risorse, anche se costituisce un monito alla tendenza verso dissipazioni favorite da un'eccessiva incentivazione dei consumi, deve essere esaminata in un contesto più ampio nel quale lo sviluppo economico dia maggiore rilevanza ai menzionati indicatori qualitativi di welfare e soprattutto sappia trarre vantaggio dalla ricerca scientifica, arricchendo di contenuti innovativi le attività industriali ed economiche."

Giorgio Nebbia, rappresenta in questo panorama la voce forse più originale e per certi aspetti radicale. Nebbia definisce gli aspetti del ciclo delle merci come prodotto di lavoro e natura; la natura immobilizzata in merci cresce come tecnosfera, e cresce rapidamente come crescono i rifiuti; la massa dei rifiuti è tale da esigere lo sviluppo di una nuova merceologia, la "merceologia dei rifiuti". Da questo punto di vista le conclusioni di Limiti sono ovvie: "Mi sono sempre meravigliato delle critiche fatte a considerazioni che, tutto sommato, erano abbastanza banali, sia pure presentate con raffinate equazioni ed elaborazioni elettroniche. In definitiva uno stu-



dente di chimica del primo anno conosce la legge di conservazione della massa per cui è inevitabile che, fissati opportunamente i confini fisici del sistema considerato, nel nostro caso il pianeta Terra, tutto quello che viene estratto dall'ambiente all'ambiente ritorna, prima o poi, sia pure in forma chimica modificata, nella stessa quantità. Lo stesso vale per l'energia, che, dopo l'uso, ritorna nell'ambiente nella stessa quantità sia pure con qualità merceologica peggiorata, o, come si dice, con un aumento dell'entropia del sistema."

L'articolo di Bardi e Pagani affronta il problema delle risorse "minerali", compreso il petrolio; sviluppa con accuratezza il modello "logistico" delle risorse non rinnovabili; le modalità con cui la produzione di minerali si appropria delle risorse dipendono dalla difficoltà che presenta la ricerca, l'estrazione e la lavora-

zione; questo fenomeno legato ad un criterio di ottimizzazione può facilmente essere formalizzato in un'equazione non dissimile da quelle usate nei fenomeni biologici o chimici. La curva sigmoide che ne risulta possiede una derivata che corrisponde alla produzione della risorsa e che inevitabilmente giunge ad un certo punto a un picco. L'articolo analizza i meccanismi (compreso lo sviluppo tecnologico e i cambiamenti politici e gestionali) che consentono di ottenere due o più picchi e di modificare la forma potenzialmente simmetrica della curva logistica. L'articolo è ampiamente documentato da una notevole quantità di grafici e tabelle che illustrano casi "classici", come l'estrazione del mercurio. È interessante notare che solo dopo che lo sfruttamento dei minerali più tossici è arrivato ad un estremo, diventando economicamente difficile, sono stati resi noti gli effetti sulla salute e sull'ambiente: un fatto che ci dovrebbe far riflettere. Essi concludono: «Il picco dei minerali, e in particolare il picco del petrolio, non sono delle teorie per il futuro ma delle osservazioni sperimentali ormai confermate e comuni per molte sistemi economici e per molti tipi di risorse. Il picco non rappresenta la "fine della risorsa" come a volte si sente dire erronea-

mente. Tuttavia è l'inizio di una fase di difficoltà... Dei vari picchi che ci aspettiamo di incontrare nel futuro, quello sul petrolio è probabilmente il più vicino e potrebbe verificarsi entro pochi anni. Anche molti metalli di importanza tecnologica sembrano essere vicini al picco o averlo già passato; questo non tanto per la loro scarsità fisica in quanto minerali, ma per la crescente scarsità di energia derivata dai combustibili fossili... Nei prossimi anni e decenni si potrebbero verificare riduzioni importanti nella produzione di materiali fondamentali per l'economia. Questo ci dovrà necessariamente far ripensare al paradigma economico corrente di una crescita illimitata basato su una disponibilità illimitata di materiali ed energia. Nuovi sistemi economici e produttivi saranno necessari, in particolare per permettere un maggior riuso e riciclo dei materiali».

L'articolo di Ugo Romano, dell'Eni, riguarda anch'esso la questione della disponibilità dei combustibili fossili, ma giunge a conclusioni nettamente diverse da quelle dell'articolo precedente. Esso esprime sostanzialmente la posizione delle *major* petrolifere: le riserve totali di idrocarburi, convenzionali e non, sarebbero sufficienti per oltre 50 anni, il gas e il carbone poi ci consentirebbero di risolvere ogni problema di energia; la posizione può essere riassunta così: «Aumentare il fattore di recupero dei giacimenti ad olio; ridurre i costi di sviluppo e quelli operativi; sviluppare le riserve non convenzionali» e ancora «Non si tratta di un "peak oil" ma piuttosto di un'alterazione delle curve di produzione/consumo che fanno intravedere una sorta di plateau di equilibrio fra offerta e domanda.» In definitiva la posizione di Romano appare una posizione BAU (Business as usual).

È molto interessante per il lettore leggere in parallelo gli ultimi due articoli per comprendere meglio le posizioni contrapposte, per esempio come attualmente le dettagliate critiche di Bardi mi sembra coprano tutti i punti principali di un approccio BAU.

Antonio Zecca approfondisce gli aspetti tecnici del riscaldamento globale, documentando anche le conseguenze prevedibili nel contesto italiano e mediterraneo. È un articolo intenso, a tratti gridato; la questione è che ancora oggi dopo anni di lavori e almeno tre rapporti IPCC cui hanno contribuito migliaia di scienziati, c'è chi nega l'effetto delle attività umane sul clima e perfino il fatto in sé, il riscaldamento medio dell'atmosfera negli ultimi 100 anni. Per uno scienziato che se ne occupa la cosa è insopportabile. I pozzi del carbonio non sono in grado di accogliere allo stato attuale l'eccesso di anidride carbonica; ma soprattutto sono attivi dei meccanismi cooperativi estremamente pericolosi, come lo scioglimento dei ghiacci artici, che, alterando l'albedo del pianeta, rafforzano il riscaldamento medesimo. Zecca ci spiega che superare i 2 °C di aumento sarebbe fatale e pone il problema delle strategie da

seguire per non travalicare tale limite.

La "parabola" di Zecca è semplice: «Se viaggiate in autostrada a una certa velocità, sapete che la vostra auto impiega 100 metri per fermarsi. Allora se vedete un ostacolo a 100 metri dovete iniziare immediatamente la frenata. Se aspettate altri 10 metri vi sfasciate. Il sistema climatico ha tempi dell'ordine di 100 anni per "raffreddarsi"; ma – peggio – è attualmente in accelerazione. Iniziare la "frenata" con 10 anni di ritardo significa "sfasciarsi": cioè non riuscire a tenere la tabella di marcia che da ora al 2100 dovrebbe mantenere l'innalzamento di temperatura sotto i 2 gradi».

I 4 articoli finali, in pubblicazione sul prossimo numero, tratteranno della situazione generale quello di Balzani e Armaroli, dell'industria nucleare quello di Lorenzini, dei biocarburanti quello di Monti e Venturi e delle alternative alla chimica del petrolio quello di Trifirò. Tutti gli articoli sono accompagnati da un ampio corredo bibliografico e di dati e tabelle e rappresentano una vera e propria "miniera" di informazioni e di idee. Alcune esigenze, come una più accorta gestione di energia e materie prime sono richieste da tutti, anche da chi è convinto che le risorse disponibili siano ancora tantissime. Termino con un'esigenza, colta da molti ed espressa da Giorgio Nebbia: la necessità di un riequilibrio fra uso delle risorse naturali e produzione di beni... presuppone iniziative etiche e politiche, ma anche queste saranno inutili senza un enorme lavoro tecnico-scientifico nella ricerca di materie prime rinnovabili, meno inquinanti, di processi e merci e macchinari che richiedono meno materie e energia, di modi di "consumo" differenti e tutto questo è possibile soltanto attraverso innovazioni e soprattutto conoscenze,

