

# Valutazione della sostenibilità ambientale: verso un approccio ecodinamico

P. P. Franzese\*, A. Riccio\*\*, A. Scopa\*

\* Dipartimento di Produzione Vegetale - Laboratorio di Ecodinamica - Università della Basilicata, Potenza

\*\* Istituto Matematica, Fisica ed Applicazioni - Università Parthenope, Napoli

## Introduzione

L'uomo e le sue attività rappresentano oggi uno dei più potenti fattori di trasformazione dell'ambiente naturale. Nel mondo occidentale lo sviluppo tecnologico ed i suoi effetti sugli ambienti naturali seguono cinetiche molto più veloci di quelle caratteristiche degli ecosistemi e dei sistemi viventi. Infatti, mentre la Terra evolve in tempi geologici, i biosistemi sono caratterizzati da tempi biologici, scale temporali entrambe incompatibili con quella molto più rapida dell'evoluzione tecnologica (e spesso *tecnocratica*) del genere umano.

Questo divario nella scala dei tempi e la diffusione di tecnologie e prodotti ad alto potenziale inquinante sono importanti fattori in un modello di sviluppo orientato all'uso non sostenibile delle risorse naturali. Nell'economia classica e in quella liberista, come pure nell'immaginario comune, il "sistema Terra" viene assimilato ad un contenitore dotato di inesauribili risorse ed illimitata capacità portante (H. E. Daly, 1981).

Questa impostazione culturale nei confronti delle risorse naturali ha generato un paradigma scientifico-tecnologico che determina oggi un degrado generalizzato delle componenti ecosistemiche.

Tale degrado comincia peraltro ad assumere caratteristiche di irreversibilità.

Il pianeta Terra è un sistema termodinamicamente chiuso, di dimensioni finite, vincolato da limiti biofisici, che non consentono una crescita infinita, né tantomeno un'immissione di rifiuti ed inquinanti oltre la sua capacità portante.

Tanto premesso, è ormai indispensabile l'affermarsi di un vero e proprio mutamento di paradigma nel senso di Kuhn (T. Kuhn, 1969), che grazie ad un riorientamento gestaltico, ci conduca a nuovi modelli di sviluppo tecnologico ed economico, più compatibili con una gestione sostenibile delle risorse naturali.

## Sistemica e complessità ecologica

Intorno alla metà del novecento cominciò a prendere forma un approccio inedito allo studio dei fenomeni naturali attraverso un nuovo modo di pensare in termini di connessioni, relazioni, contesto. In particolare, le idee dei biologi organicisti sviluppatasi

durante la prima metà del secolo, e l'avvento della cibernetica, svolsero un ruolo centrale nello sviluppo e nell'affermazione di quella che può essere definita come una profonda rivoluzione del pensiero scientifico occidentale: il *pensiero sistemico* (F. Capra, 1997).

Il significato di tale approccio si fonda sulla nozione di sistema. Possiamo definire un sistema come: "*un complesso di componenti interagenti*" (von Bertalanffy, 1969).

Poiché anche i sottosistemi hanno natura sistemica, ogni componente può essere immaginata come inserita in un sistema più ampio oppure costituita da oggetti che sono a loro volta dei sistemi. In questa *geometria frattale* del mondo naturale, i diversi livelli del sistema non sono necessariamente disposti secondo un ordine gerarchico piramidale, in cui potere e importanza crescono dal basso verso l'alto. Al contrario, specie nel mondo biologico, essi si organizzano circolarmente, in un rapporto paritetico in cui gli obiettivi perseguiti dal sistema sono positivi per tutti i suoi livelli. (E. Cheli, 2003).

Tale principio, particolarmente valido per i sistemi bio-ecologici, indica che il comportamento di un sistema non può essere compreso riferendosi alla semplice somma degli elementi che lo costituiscono. Esistono, infatti, proprietà sistemiche definite "*emergenti*", che si manifestano solo ad un certo stadio di organizzazione gerarchica della materia, non valutabili nell'analisi

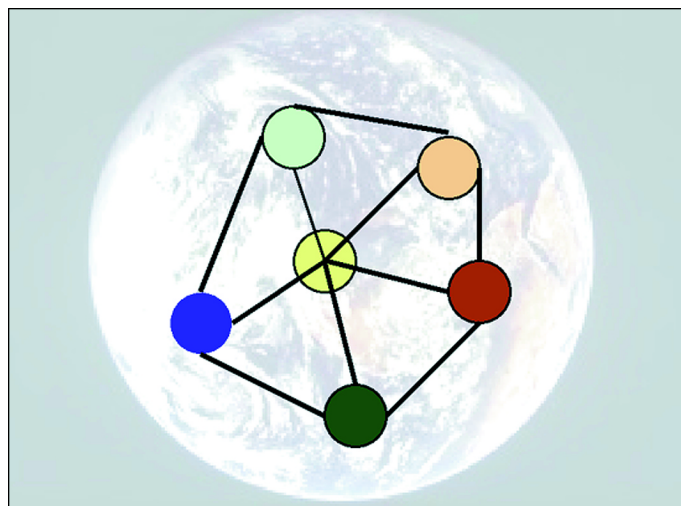


Fig. 1 - Rete schematica di sistemi ecologici; ecosistema sullo sfondo

si delle singole componenti di un sistema. Il termine “analizzare” descrive lo studio di un sistema o di un organismo incentrato sulla riduzione di questo ai suoi costituenti elementari; pensiero sistemico significa invece porre il sistema o l’organismo nel contesto di un insieme più ampio. D’altronde il significato originario della parola sistema, deriva dal verbo greco *συνεστάναι* (porre insieme).

Tanto premesso, è bene precisare subito che non si vuole affermare l’assoluta validità del pensiero sistemico a scapito del metodo analitico, né tantomeno negare o sminuire gli enormi progressi che la scienza ha compiuto fino ad oggi grazie al metodo analitico. Nondimeno, è opportuno discriminare il metodo di studio in funzione del sistema studiato e della natura dell’informazione alla quale si desidera accedere. In altre parole se il sistema da studiare è un edificio o un ponte, allora siamo certi che il metodo analitico e il principio di sovrapposizione degli effetti saranno adeguati agli scopi che ci prefiggiamo. Pensare invece di poter comprendere un sistema ecologico con lo stesso approccio, significa commettere un grossolano errore. **I sistemi ecologici sono sistemi aperti, in stato quasi stazionario e lontani dall’equilibrio termodinamico**, la cui elevata complessità si può ricondurre essenzialmente a tre fattori principali:

- 1) Ad un aumento lineare del numero di componenti n, corrisponde un aumento quadratico del numero di interrelazioni I; dove  $I = [(n * (n-1))/2]$ .
- 2) Geometria frattale del sistema: ogni componente è a sua volta un sistema.
- 3) Evoluzione non lineare delle interrelazioni.

Questi ed altri fattori rendono i sistemi ecologici molto complessi e conseguentemente molto difficili da studiare. Per tali realtà l’approccio sistemico, o volendo usare un ossimoro “l’analisi sistemica”, si rivela un metodo indispensabile nel tentativo di cogliere la loro complessità.

**Verso un approccio ecodinamico**

Un nuovo paradigma, nato dalla integrazione di alcune discipline come l’economia, l’ecologia e la termodinamica, è oggi in grado di dare risposte scientifiche alle suddette esigenze; esso prende il nome di **Teoria dello Sviluppo Sostenibile** (E. Tiezzi, 1999).

Si tratta di una vera e propria interdisciplina che, grazie ad un solido *background* teorico conferito dalla termodinamica, consente la valutazione quantitativa della sostenibilità di sistemi, processi e prodotti.

In tale ambito, le metodologie energetiche di analisi assumono un ruolo primario, in quanto consentono la formulazione ed il calcolo di indicatori termodinamici sintetici, attraverso i quali è possibile pervenire ad una stima del grado di sostenibilità di un sistema in funzione dell’analisi quantitativa e del bilancio dei suoi flussi di energia.

Inoltre, utilizzando il “**valore energetico**” come criterio di stima al posto del “**valore di mercato**”, è possibile contemplare nella valutazione il capitale naturale, che in altri approcci rischia di essere escluso o sottostimato.

L’**analisi eMergetica**, sviluppata da H.T. Odum (H.T. Odum, 1996) presso l’università della Florida negli anni ‘80<sup>1</sup>, fornisce

un *set* di indicatori termodinamici di sostenibilità ambientale particolarmente versatile, come dimostra il suo vasto campo di applicazione. Questa metodologia trova le sue radici nelle scienze termodinamiche e nell’ecologia teorica, con particolare riferimento alla teoria generale dei sistemi di von Bertalanffy (von Bertalanffy, 1969) ed alla teoria delle strutture dissipative di Ilya Prigogine (I. Prigogine, 1982). Il plusvalore dell’analisi eMergetica rispetto ad altre metodologie di analisi economica o energetica risiede nella possibilità di confrontare sulla base comune dell’energia solare equivalente (o **eMergia**) grandezze diverse altrimenti non paragonabili (produzioni agricole, produzioni industriali, energie rinnovabili e non rinnovabili, ecc.). In altre parole, l’analisi eMergetica consente la realizzazione di valutazioni scientifiche (mediante dati e risultati quantitativi e riproducibili) che integrano valori economici, ambientali e termodinamici, producendo stime capaci di computare l’interazione tra sistema naturale ed economico produttivo.

In particolare, un approccio ecodinamico punta ad integrare l’utilizzo dell’**analisi eMergetica** e di altre tecniche di valutazione ambientale, con quello dei **G.I.S.** (P. A. Burrough) e della **modellistica ecologica** (R. Melchiorre, A. Riccio, *et al.*, 2002).

L’interazione tra GIS ed analisi eMergetica ha lo scopo di agevolare l’elaborazione di quei dati ambientali non censiti negli archivi statistici ufficiali (ISTAT, ANCITEL, ecc.), e di migliorare le funzioni di analisi spaziale, nonché la visualizzazione dei risultati.

La modellistica ecologica può invece essere di grande aiuto nella formulazione di scenari previsionali e nella simulazione di processi dinamici. Il *flowchart* in Figura 1 riporta la sequenza dei passi di calcolo adottata per il caso studio del Comune di Roccamonfina, prima applicazione dell’analisi eMergetica a scala comunale nel sud Italia. (P.P. Franzese, 2002).

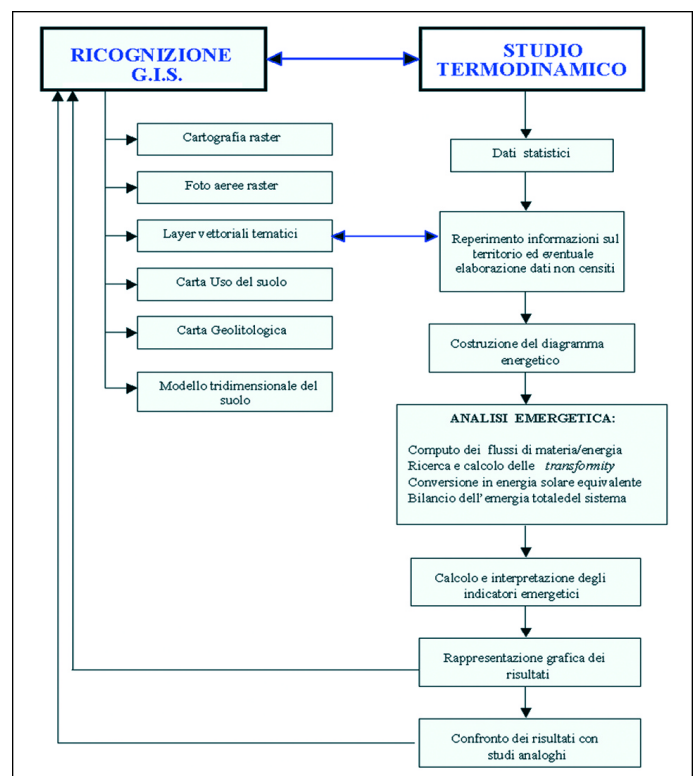


Fig. 2 - *Analisi eMergetica in ambiente GIS del Comune di Roccamonfina: passi di calcolo*

Più in generale, le fasi principali che caratterizzano l'applicazione dell'analisi eMergetica possono riassumersi in:

- 1) Individuazione dei confini del sistema territoriale.
- 2) Modellizzazione del sistema termodinamico per mezzo di un diagramma energetico generale (*risorse economiche e naturali*).
- 3) Calcolo dei flussi di materia/energia.
- 4) Conversione dei suddetti flussi in energia Solare Equivalente (o eMergia).
- 5) Bilancio dell'eMergia totale usata dal sistema.
- 6) Calcolo degli indicatori di sostenibilità ambientale.

## Conclusioni

L'integrazione di tali differenti approcci metodologici (M. Ruth, 1993) dimostra come sia possibile pervenire ad una valutazione ambientale che sia in grado di orientare le scelte di pianificazione e l'utilizzo delle risorse naturali. L'analisi eMergetica, supportata dalla modellistica ecologica e dai sistemi informativi geografici, si propone quindi agli enti di governo del territorio come una valida alternativa alle analisi monocriteriali impostate sul prezzo di mercato (come ad esempio l'analisi costi-benefici), quasi sempre non in grado di valutare adeguatamente il capitale naturale ed il suo ruolo nel contesto economico - produttivo - sociale ed ambientale.

Questo nuovo approccio interdisciplinare, che definiamo **un approccio ecodinamico** (Figura 3), consente il superamento della vecchia dicotomia tra pianificazione economica e territoriale, orientando il decisore politico verso un'ottica ecologica in grado di integrare aspetti economici, ecologici e termodinamici, col fine ultimo di realizzare una pianificazione finalmente sistemica e non meramente speculativa.

E' necessario superare quei modelli di sviluppo che si appellano esclusivamente al carattere propulsivo delle tecnologie innovative ed al carattere auto-equilibrante del mercato.

Dobbiamo accettare l'idea che il capitale naturale rappresenta oggi il fattore limitante dello sviluppo.

Questa nuova *forma mentis* richiede lo sviluppo di nuovi modelli socio-economici e presuppone l'affermazione di un nuovo rapporto tra economia ed ecologia, che oggi si concretizza nella mo-

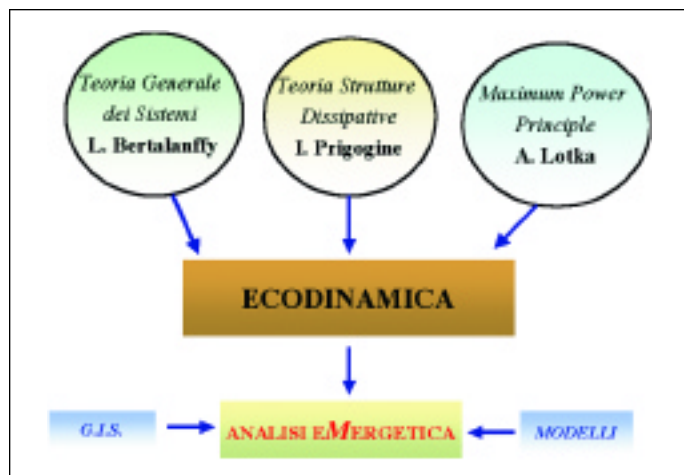


Fig. 3 - Approccio ecodinamico: background teorico e strumenti di analisi

derna teoria economica dell'**Economia Ecologica** (R. Costanza, 1997). Le metodologie complesse e le difficili scelte che derivano da quest'approccio sembrano indicare una via allo sviluppo sostenibile che ci permetterà di salvaguardare il patrimonio rappresentato dai milioni di anni di coevoluzione che ci legano al nostro pianeta.

L'*Homo sapiens*, spesso vittima di un intreccio tra *approccio tecnocratico, rifiuto della colpa collettiva e piacere virtuosistico* (K. Lorenz, 1991), minaccia la sopravvivenza della sua specie. *"Quella stessa specie umana tanto intelligente da essere in grado di analizzare le premesse naturali della propria esistenza, ma non abbastanza furba da riuscire a conservarle"* (K. Lorenz, 1991).

Cosa fare dunque? Non ci resta che salvare la speranza, la speranza che scelte sostenibili scongiurino l'involuzione del genere umano.

## Note:

- 1) Importata in Italia dal gruppo di ricerca del Professor Enzo Tiezzi dell'Università di Siena.
- Vedi H.T. Odum, S. Ulgiati, S. Bastianoni "Emergy use, environmental loading and sustainability. An emergy analysis of Italy" - Ecological Modelling 73 (1994) 215-268.

## Bibliografia

- 1) Daly H. E. (1981). "Lo stato stazionario" - Sansoni.
- 2) Kuhn T. 1969/1978. "La struttura delle rivoluzioni scientifiche" - Einaudi.
- 3) Capra F. (1997). "La rete della vita" - Rizzoli.
- 4) Cheli E. (2003). "Frammentazione e globalità nella mente, nella cultura e nella scienza. Spunti epistemologici per un nuovo paradigma che concili riduzione e olismo". (In corso di pubblicazione).
- 5) von Bertalanffy L. (1971). "Teoria generale dei sistemi" - Mondadori.
- 6) Tiezzi E., Marchettini N. (1999). "Che cos'è lo sviluppo sostenibile?" - Donzelli Roma.
- 7) Odum H.T. (1996). "Environmental accounting. Emergy and Environmental Decision Making", J.Wiley.
- 8) Prigogine I. (1982). "Le strutture dissipative" - Sansoni.
- 9) Burrough P.A. & McDonnell R. A. (1998). "Principles of Geographical Information Systems" - Oxford University Press.
- 10) Melchiorre R., Riccio A., Scopa A., Franzese P.P. (2002). "Simulazione dell'impatto dell'inquinamento atmosferico sul bacino del mediterraneo" - *Biologi Italiani* Anno XXXII n°2 pag. 39-43.
- 11) Franzese P. P. (2002). "Analisi eMergetica in ambiente G.I.S. nel Parco Regionale di Roccamonfina: un approccio ecodinamico" - Tesi di Laurea in Scienze Ambientali - Napoli.
- 12) Ruth M. (1993). "Integrating Economics, Ecology and Thermodynamics" - Kluwer.
- 13) Costanza R. et al. (1997). "The value of the world's ecosystem services and natural capital" - *Nature* vol. 387.
- 14) Lorenz K. (1991). "Salvate la speranza" - Armenia.

## RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia il prof. Giulio Giunta direttore dell'Istituto di Matematica, Fisica ed Applicazioni dell'Università Parthenope di Napoli, per le fruttuose discussioni in materia di modellistica ambientale e per il supporto informatico e computazionale fornito nelle applicazioni citate in bibliografia ai punti 10 e 11.

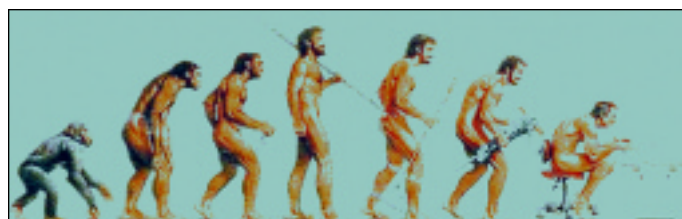


Fig. 4 - Involuzione del genere umano.