

Diego Lanzi

OPEN
TEACHING 

ECONOMIA DELL'AMBIENTE

Bologna
University Press

OPEN
TEACHING



Diego Lanzi

ECONOMIA DELL'AMBIENTE

Bologna
University Press

La versione digitale di questo volume è disponibile gratuitamente grazie al contributo dell'Alma Mater Studiorum - Università di Bologna.

Visita buponline.com/openteaching

Progetto Open Teaching Consorzio Alphabet

Fondazione Bologna University Press

Via Saragozza 10

40123 Bologna

tel. (+39) 051 232882

fax (+39) 051 221019

www.buponline.com

e-mail: info@buponline.com

ISBN 979-12-5477-056-6

ISBN online 979-12-5477-057-3

Quest'opera è pubblicata sotto licenza Creative Commons BY-NC-SA 4.0

Progetto di copertina: Design People (Bologna)

Impaginazione: DoppioClickArt - San Lazzaro di Savena (BO)

Prima edizione: aprile 2022

SOMMARIO

Prefazione	9
1. Introduzione	11
2. Crescita, sviluppo e questione ambientale	15
2.1 I limiti alla crescita	16
2.2 Sviluppo e bisogni fondamentali	18
2.3 Interventi istituzionali: una breve storia	20
3. Crescita e qualità ambientale	25
3.1 La Curva di Kuznets Ambientale	26
3.2 Spiegazioni teoriche della EKC	29
3.3 Cosa la EKC non dice	30
4. Sviluppo sostenibile: interpretazioni	33
4.1 Alcuni concetti importanti: biologia, geofisica ed ecologia	33
4.2 Non-linearità, irreversibilità e resilienza	34
4.2.1 <i>Non-linearità</i>	35
4.2.2 <i>Irreversibilità</i>	36
4.2.3 <i>Resilienza ecologica e destabilizzazione degli ecosistemi</i>	36
4.2.4 <i>Sintomi di insostenibilità</i>	37
4.3 Concetti alternativi di sostenibilità	38
4.3.1 <i>L'approccio economico-politico</i>	38
4.3.2 <i>L'approccio ecologico</i>	41
4.3.3 <i>Verso la sostenibilità multidimensionale</i>	42
4.4 L'insostenibile sostenibile: il paradosso di Solow	43
5. Misurare la sostenibilità	45
5.1 Il Prodotto Nazionale Netto	45
5.2 Misurare lo sviluppo sostenibile	47

6. Il valore della natura	51
6.1 Beni privati e valore d'uso	52
6.1.1 <i>Preferenze rivelate e domanda marshalliana</i>	52
6.1.2 <i>Preferenze espresse e domanda hicksiana</i>	53
6.1.3 <i>Altri metodi di valutazione</i>	54
6.2 Valori di non uso e valore economico totale	55
6.3 Beni pubblici globali e valore primario	57
7. Economia delle risorse naturali	59
7.1 Economia delle risorse esauribili	60
7.2 Economia delle risorse rinnovabili	64
7.2.1 <i>Proprietà privata, profitto e utilizzo ottimale</i>	64
7.2.2 <i>La tragedia dei beni comuni</i>	69
7.2.3 <i>Risorse a proprietà condivisa e istituzioni</i>	71
8. Crescita, inquinamento e risorse naturali	73
8.1 Crescita ed emissioni inquinanti	74
8.2 Crescita e risorse naturali	78
8.2.1 <i>Crescita ed esauribilità delle risorse</i>	79
8.2.2 <i>Crescita e utilizzo sostenibile delle risorse rinnovabili</i>	80
8.2.3 <i>La maledizione delle risorse naturali</i>	82
9. Povertà e ambiente	85
9.1 Ecologia della povertà e povertà ecologica	86
9.2 Povertà e feedback ambientali	88
9.3 Aspetti di genere	89
9.4 Crescita, povertà e feedback ambientali	90
10. Economia ecologica	93
10.1 La prospettiva analitica	94
10.2 Scala e gerarchia	95
10.3 Dinamiche di evoluzione e strutture dissipative	96
10.4 Quale sostenibilità?	98
11. Conclusioni	101
Appendice	103
Riferimenti bibliografici	105

Sarebbe un gran peccato se la sostenibilità fosse di moda
non nonostante la sua vaghezza, ma proprio per la sua vaghezza.

Robert M. Solow

L'universo sarebbe incompleto senza l'uomo, ma sarebbe altrettanto incompleto
senza la più piccola creatura che dimora oltre i nostri occhi presuntuosi

John Muir

PREFAZIONE

Il presente saggio vuole offrire uno strumento aggiornato, ma agile, allo studente di corsi di Economia dell'Ambiente all'interno di Corsi di Laurea triennali e magistrali. La relativa obsolescenza dei libri di testo sul tema in lingua italiana spesso costringe docenti e studenti all'affannosa ricerca di materiali aggiornati, non sempre facilmente reperibili nella nostra lingua madre.

La stesura di quanto qui contenuto ricalca le mie note per le lezioni tenute presso i Dipartimenti di Scienze Statistiche, Scienze Biologiche, Geologiche ed Ambientali e Scienze Politiche e Sociali dell'Università di Bologna, per cui la trattazione dei temi presentati è stata testata su diverse tipologie di uditori, che ringrazio per la pazienza e la partecipazione, ed è volutamente interdisciplinare. Allo stesso tempo, si è scelto di non voler appesantire la presentazione tramite esempi o casi studio, un'abitudine peraltro diffusa nella manualistica sui temi qui trattati. Ritengo, infatti, come la relativa brevità sia preferibile, data l'accessibilità degli esempi più noti sul Web. A tal fine, i siti e le risorse online di tutte le istituzioni che verranno menzionate, dalle Nazioni Unite alla Rete Globale per l'Impronta Ecologica, offrono molteplici materiali di interesse in diverse lingue.

1. INTRODUZIONE

Sarà il sistema economico mondiale in grado di sostenere per tempo indefinito la crescita economica senza incorrere in vincoli sulle risorse naturali disponibili o depredare l'ambiente senza riparo? Quale relazione sussiste tra stabile crescita del reddito pro-capite e qualità ambientale? In che modo coniugare crescita, sostenibilità dello sviluppo e tutela ambientale?

Per molti scienziati sociali e fisici, maggiori livelli di attività economica (di produzione e di consumo) necessitano maggiori quantità di input, come energia e materiali, e generano, *a fortiori*, più ampie quantità di scarti e rifiuti. Maggiori tassi di estrazione delle risorse naturali, accumulazione di residui, più alte concentrazioni di sostanze inquinanti, dovrebbero sovrappassare la capacità di carico della biosfera, e il degrado della qualità ambientale ridurre il benessere umano nonostante i redditi aumentino. Per salvare l'ambiente, e non mettere a repentaglio la base di risorse naturali utili all'attività umana, la crescita economica dovrebbe frenare, e il mondo compiere una transizione verso un'economia di stato stazionario.

D'altro canto, tra i membri della comunità scientifica internazionale, in molti sostengono come solo elevati tassi di crescita economica e progresso tecnologico potranno garantire una piena transizione verde del sistema capitalistico mondiale, e che quindi la riduzione della crescita a crescita zero, non solo non sarebbe necessaria, ma altresì lesiva delle stesse istanze di tutela ambientale ed ecologica. La stretta connessione tra livello del reddito pro-capite ed estensione di misure di tutela e protezione ambientale dovrebbe provare come la via maestra per migliorare le condizioni ambientali del pianeta sia diventare ricchi.

Il dibattito tra eco-pessimisti, i primi, ed eco-ottimisti, gli altri, si è presto imbevuto di forti connotazioni etiche, poiché diverse concezioni etiche e filosofiche entrano apertamente nel merito di come si definiscono e concepiscono due concetti cruciali nel dipanare la matassa crescita/ambiente: *sviluppo* e *sostenibilità*.

Da una prospettiva tecnocentrica e liberista, ad esempio, la politica economica deve avere come obiettivo primario la massimizzazione della crescita economica e la tutela dei liberi mercati di scambio. Progresso tecnologico e infinite possibilità di sostituzione, al fine di ovviare vincoli di scarsità delle risorse naturali, saranno le vie maestre lungo le quali tutelare il benessere e i diritti individuali degli esseri umani, possessori di titoli validi per l'utilizzo strumentale delle risorse del pianeta.

All'opposto dello spettro, da una prospettiva ecologista radicale, vi è una piena accettazione della bioetica, ossia il conferimento di diritti morali a tutte le specie e parti biotiche di Gaia, e la politica economica dovrebbe puntare alla riduzione della scala del sistema capitalistico mondiale, alla decrescita e alla preservazione estrema di ogni risorsa naturale.

La stessa disciplina accademica che studia le relazioni tra economia e ambiente ha mutato più volte metodologie e modelli di ricerca nel corso dei suoi quasi cento anni di vita. Dall'originaria *economia delle risorse naturali*, sviluppatasi in seguito al seminale contributo di Hotelling (1931), e prevalentemente focalizzata sull'utilizzo ottimale delle risorse naturali al fine della massimizzazione dei profitti, molti studiosi passarono, tra gli anni sessanta e settanta del XX secolo, alla così detta, *economia ambientale*¹, all'interno della quale assumevano maggior centralità concetti come quelli di sostenibilità, danno ambientale e tutela del capitale naturale; altri ricercatori, pochi anni dopo, crearono un approccio ancor più ecologista, sforzandosi di integrare sistematicamente problematiche ecologiche, economiche e sociali, una scuola di pensiero oggi nota come *economia ecologica*.

Nel mentre, purtroppo, la condizione ambientale del pianeta è sensibilmente peggiorata e quelli che erano presagi nel 1970 sono diventati disastri ambientali, come il prosciugamento del Lago di Aral, o croniche cause di alterazione degli equilibri biofisici della Terra, si pensi al surriscaldamento globale o al buco nello strato di ozono per aver i due esempi più comuni. Per tale ragione, ormai tutti accettano che la crescita economica debba essere "verde", anche se in pochi si trovano in accordo su *quanto* verde debba essere e a vantaggio di chi.

¹ Sul passaggio dalla prima alla seconda si rimanda a Pearce (2002).

Il presente lavoro intende pertanto offrire una precisa interpretazione di cosa significhi *crescita economica verde*, integrando modelli economici di crescita, strumenti di contabilità nazionale sensibili alle problematiche ambientali, concetti provenienti dall'ecologia e una nozione matura di sostenibilità dello sviluppo, alla quale si è giunti negli ultimi due decenni.

I contenuti sono divisi in dieci Sezioni.

Nella Sezione 2, ricostruiremo il dibattito politico economico degli anni '70/'80 sulle connessioni tra crescita economica, sviluppo economico, sviluppo sociale ed ambiente. Un percorso di evoluzione, questo, aperto dal famoso rapporto del Club di Roma, *The Limits to Growth* (1972), e simbolicamente giunto alla piena legittimazione istituzionale tramite la *Earth Summit Declaration* del 1992. La terza parte analizzerà i legami esistenti tra crescita e qualità ambientale presentando e discutendo la Curva di Kuznets ambientale.

Le Sezioni 4 e 5 saranno dedicate alla presentazione e alla discussione delle principali nozioni di sostenibilità e sviluppo sostenibile, dalla originaria definizione della Commissione Brundtland nel 1985, alle più complesse e moderne definizioni di sostenibilità multidimensionale.

Nella sesta parte saranno discusse le principali modalità di valutazione della natura confrontando l'approccio utilitarista e l'approccio ecologico-economico alla stima del valore delle risorse naturali. Nella Sezione 7, definiremo le diverse risorse naturali e le possibili componenti del capitale naturale, presentando, al contempo, i risultati più consolidati del pensiero economico in merito alla gestione ottimale di risorse rinnovabili, non rinnovabili ed esauribili.

Le Sezioni 8 e 9 discuteranno, rispettivamente, le connessioni tra crescita economica, danno ambientale e risorse naturali, e i legami esistenti tra degrado ambientale, disuguaglianza nella distribuzione del reddito e povertà. Infine, nella Sezione 10, introdurremo i fondamenti dell'economia ecologica.

Alla conclusione del nostro itinerario, arriveremo a comprendere in che senso la crescita economica debba essere "*verde*" e come, al fine di realizzare la sostenibilità, i proventi di questa debbano essere socialmente distribuiti in maniera equa tra popoli, regioni del globo, generazioni e gruppi sociali.

2. CRESCITA, SVILUPPO E QUESTIONE AMBIENTALE

A livello globale, il dibattito internazionale sulla gestione delle risorse ambientali venne formalmente avviato a Stoccolma, nel 1972, dalla conferenza *On the Human Environment* organizzata dalle Nazioni Unite. Il convegno diede origine a 29 principi di coordinamento diplomatico internazionale sulle questioni ambientali, fondò lo *United Nations Environment Program* (da qui in poi, UNEP) e, per la prima volta, suggerì la necessità di declinare un'idea di sostenibilità dello sviluppo differente dall'idea di crescita sostenibile. Non di meno, l'evento avviò un decennio di convenzioni internazionali per la protezione ambientale, dalla convenzione sulla prevenzione dell'inquinamento marino del 1972, sino a quella sull'inquinamento transfrontaliero a lungo raggio dell'aria del 1979. Erano lustri difficili per i sostenitori delle infinite possibilità di crescita del sistema capitalistico mondiale, colpiti, da un verso, dagli shock petroliferi, dall'altro, da improvvise insicurezze sui possibili limiti alla crescita economica. Su queste ultime paure, indubbio impatto ebbero alcune osservazioni sollevate da un gruppo internazionale, denominato, *Club di Roma*¹.

¹ Formalmente un'associazione non-profit i cui membri erano scienziati, uomini d'affari, economisti, alti dirigenti pubblici e capi di Stato di tutti i cinque continenti. Fondato nel 1968, deriva il nome dal fatto che il primo incontro del gruppo si svolse all'Accademia dei Lincei a Villa Farnesina, Roma.

2.1 I limiti alla crescita

Quando, nel 1972, venne pubblicato *The Limits to Growth* (Meadows *et al.* 1972), i contenuti del volume erano al centro del dibattito pubblico e politico. Le conclusioni del Rapporto andavano ad intersecarsi con il dibattito sulla *crescita economica sostenibile*, così come intesa dagli economisti, ovvero una crescita che riesca a garantire profili di consumo e benessere crescenti nel tempo. Il concetto hicksiano di reddito, era il punto cardinale nel dibattito sul tema.

Hicks (1946) sottolineava, infatti:

ci chiediamo, non tanto quanto una persona guadagni nella settimana corrente, ma quanto dovrebbe star guadagnando se gli fosse garantito un flusso costante dello stesso valore attuale dei suoi incassi effettivi previsti. Quell'ammontare è il suo reddito. [...] *un ammontare* che può consumare senza impoverire se stesso (*corsivo aggiunto*).

Quella quantità di reddito che un individuo può spendere oggi, aspettandosi di essere in grado di spendere lo stesso reddito, in termini reali, domani. In questo senso, il reddito è interpretato in termini di rendimento della ricchezza e ciò implica definire la ricchezza in modo prospettico (*forward-looking*) come il valore capitalizzato del consumo futuro. In altri termini: il massimo livello di consumo sostenibile dalla ricchezza individuale sotto il vincolo che i consumi non diminuiscano nel tempo². Applicando la nozione di reddito hicksiano all'intera economia, immediato diventa il passaggio ad un livello massimo di consumi che mantenga *lo stock di capitale produttivo costante* (Daley 1991, Pearce *et al.* 1990), ed alla concezione del ricchezza nazionale in termini estesi, ovvero considerando componenti della stessa sia fisiche che monetarie. E proprio tra le prime, troviamo i beni e servizi ambientali.

Le predizioni del *Club di Roma* si riferivano esattamente al rischio di non poter sostenere nel tempo la crescita dei redditi, e dei consumi nazionali, a causa di un forte impoverimento delle condizioni ambientali del pianeta e all'improvvisa indisponibilità di beni ambientali fondamentali per garantire la crescita economica. Con maggior precisione, in Meadows *et al.* (1972) la cosiddetta questione ambientale viene sollevata appoggiandosi su tre argomenti fondamentali:

² In termini formali, il reddito hicksiano $Y_H = \max C(t) \text{ s.t. } \dot{C} \geq 0, \forall t$

- la limitata *capacità di assorbimento* degli ambienti naturali dei rifiuti, delle emissioni inquinanti e degli scarti tossici derivanti dalla produzione industriale di bene e servizi;
- la disponibilità limitata di *risorse naturali esauribili*, come i combustibili fossili, cruciali nel sostegno del modello capitalistico del dopoguerra;
- le limitate *capacità di sostentamento* delle popolazioni da parte degli habitat naturali sottoposti ad una crescente pressione demografica.

Non era dunque plausibile che, ignorando tali questioni, i paesi del capitalismo avanzato stessero in realtà creando ricchezza e reddito oggi, a scapito delle possibilità di fare lo stesso in futuro? Non era forse immaginabile, pertanto, che il reale valore della ricchezza nazionale, così come misurato tramite il PIL, fosse sovrastimato non considerando nel suo computo il costo sociale di pratiche rischiose da un punto di vista ambientale? Non sussisteva, dunque, il rischio che l'accumulazione corrente di reddito non coincidesse con maggior qualità della vita per le popolazioni, minacciate da incombenti disastri ambientali od improvvise carestie di risorse cruciali per la sopravvivenza sul pianeta?

Con *Is Growth Obsolete?*², Nordhaus e Tobin (1972) furono i primi a creare e disseminare una misura di benessere economico (*Measure of Economic Welfare*, MEW, da qui in poi) capace di andare oltre il PIL considerando il valore dei servizi sociali, in senso lato, negativi e positivi per la collettività (*social amenities*) e il deprezzamento di diverse forme di capitale produttivo. Tra i primi ritroviamo, in qualità di elementi forieri di benessere economico non computato nel calcolo del PIL, il valore del lavoro non pagato e di cura (*unpaid work and caring*), il valore dell'economia informale e il valore del tempo libero; tra i servizi sociali negativi, ovvero cause di minor benessere economico, proprio il valore sociale dei danni ambientali. Infine, tra le poste contabili che stimano il deprezzamento del capitale, vi sono non unicamente quelle riferite al capitale produttivo di natura industriale, ma le analoghe stime riferite al capitale naturale. In simboli:

$$MEW = PIL + SSP - SSN - DPK - DNK \quad (1)$$

dove SSP indica i servizi sociali positivi, SSN quelli negativi, DPK denota il deprezzamento del capitale produttivo industriale e DNK quello del capitale naturale.

Le ottanta pagine dell'articolo, compresa la corposa appendice con le microfondazioni della misura, davano il via alla cosiddetta contabilità nazionale

verde (*green national accounting*) e illustravano come l'andamento del PIL e quello della MEW fossero piuttosto differenti. La MEW, nel periodo 1929-1965, mostrava un valore monetario maggiore rispetto al PIL, ma cresceva più lentamente. Da una prospettiva hicksiana poi, correggendo la misura rispetto agli investimenti finalizzati ad accrescere le possibilità future di consumo, e ottenendo la cosiddetta *Sustainable MEW*, si mostrava la sostenibilità della crescita solo dal 1945 in poi, seppure, proprio nel lasso 1935-1945, la crescita misurata del PIL fosse spropositata.

Come vedremo, tante saranno le misure di contabilità ambientale capaci di raffinare ed estendere la logica della MEW, ma il suo impatto politico fu deciso e importante: nel misurare la qualità della vita, era necessario andare oltre il PIL e non fidarsi ciecamente di quelle forme di accumulazione della ricchezza che si rivelino incapaci di aumentare realmente il benessere individuale declinato in senso più esteso di quanto non si fosse soliti fare.

2.2 Sviluppo e bisogni fondamentali

Nel 1976, l'International Labour Organization introdusse, al fine di misurare la povertà assoluta nei paesi in via di sviluppo ed ideare politiche per il suo contrasto, quello che oggi è noto come l'approccio dei bisogni umani fondamentali (*basic needs approach*)³. L'idea iniziale era piuttosto semplice e attrattiva: valutare lo standard di vita nei Paesi in via di sviluppo sulla base di indicatori che misurassero il livello di consumo di alcuni beni e servizi fondamentali per il benessere umano⁴. Una lista tradizionalmente riconosciuta di questi ricomprendeva: cibo e acqua, abitazione e vestiario, igiene, assistenza sanitaria ed accesso all'educazione di base. Contrastare la povertà voleva dire fare in modo che la ricchezza nazionale fosse impiegata per garantire la diffusa soddisfazione di tali bisogni e la mera crescita del PIL, perlomeno nei Paesi in via di sviluppo, non poteva essere dissociata da un deciso miglioramento nelle condizioni di vita. La crescita economica incapace di incrementare il livello di soddisfazione dei suddetti bisogni di base era da considerarsi "crescita senza sviluppo".

³ Si vedano ILO (1976), Jolly (1976), Streeten (1981), (1984) e Stewart (1985).

⁴ In tal senso, l'approccio è orientato ai consumi.

Prospetticamente, e al di là dei suoi limiti⁵, l'approccio non solo fecondò il dibattito sulla misurazione della qualità della vita, e fu il precursore dell'approccio dello Sviluppo Umano suggerito da Muhamad Ul Haq e Amartya Sen, ma soprattutto, ai nostri fini, sollevò la spinosa questione di come crescita economica e sviluppo umano, sociale e politico potessero non coincidere.

Quali erano le cause determinanti crescita senza sviluppo? Quali erano, per contro, quei canali di propagazione della crescita capaci di contrastare la povertà e garantire vero sviluppo umano e sociale per le popolazioni? Poteva essere lo sviluppo ridotto a mera crescita, ovvero un fatto prevalentemente quantitativo, oppure esistevano dimensioni qualitative del concetto che si occultavano sistematicamente focalizzandosi solo sulla crescita del PIL? Infine, se il reale sviluppo ricomprende la totalità delle condizioni esistenziali degli individui, non sarà necessario discutere dimensioni politiche, sociali, culturali, morali dello sviluppo economico non approcciabili focalizzandosi eccessivamente sulla crescita dei redditi nazionali?

Nel pensiero filosofico-politico di quel frangente del XX secolo, era già generalmente accettata l'idea per cui lo sviluppo consistesse nell'acquisizione da parte degli individui di maggiori abilità e potenzialità al fine di rispondere alla crescente complessità sociale e ambientale da essi fronteggiata. Contesti politici corrotti ed inadeguati, istituzioni pubbliche mal disegnate o non funzionanti, contesti culturali e morali inappropriati, forti forme di disuguaglianza sociale, norme sociali discriminatorie, erano visti come impedimenti alla conversione di una maggior crescita in maggior sviluppo, ostacoli la cui esistenza era semplicemente ignorata da una mera visione economicista del problema⁶. L'eccessiva focalizzazione tra gli specialisti dello sviluppo economico sull'innalzamento del reddito pro-capite e dei consumi poteva occultare come non sempre maggiori risorse disponibili a livello nazionale implicassero una migliore qualità della vita, specialmente nel caso in cui ampie fasce della popolazione non possedessero il titolo valido (*entitlement*) per comandare beni e servizi al fine di rispondere alle loro necessità e ai loro bisogni⁷.

⁵ Su questi un contributo della prima ora fu Ghai (1978).

⁶ Per una disamina dei principali limiti di una visione economicista dello sviluppo si rimanda a Gyekye (1994).

⁷ Si veda Sen (1981). Come noto Amartya Sen suggerisce di focalizzarsi dunque non sulle risorse e sui beni (*commodities*), ma sulle capacitazioni individuali (*capabilities*). Per un'introduzione sull'utilizzo del *Capability Approach* in ambito di contrasto della povertà e del sotto-sviluppo si rimanda a Delbono e Lanzi (2007).

Poteva essere giudicata sostenibile quella crescita economica che aumentasse continuamente i consumi aggregati senza tuttavia consentire ai diversi strati sociali di comandare tali risorse per il proprio benessere? Poteva, pertanto, essere ignorato il problema della distribuzione delle possibilità di benessere tra gruppi sociali, comunità e Stati, ritenendo la sostenibilità della crescita non connessa con equità sociale e uguaglianza di opportunità? Non era altresì vero che lo sviluppo sociale includeva molteplici dimensioni qualitative e diversi ambiti di equità, trascurando i quali si perdeva la sua sostenibilità?

Quando, nel 1985, la *World Commission on Environment and Development* (da qui in poi, WCED, anche nota come Commissione Brundtland, dal nome della sua presidente Gro Harlem Brundtland), propose il suo approccio alla sostenibilità, come vedremo poco rigoroso, ma molto fecondo, non poté esimersi dal tentar di dare risposta alle suindicate questioni.

2.3 Interventi istituzionali: una breve storia

Il rapporto Brundtland, WCED (1987), fu la pietra miliare del dibattito contemporaneo su ambiente e sostenibilità dello sviluppo. La sua focalizzazione su equità e giustizia nell'accesso a possibilità di sviluppo multidimensionale, rendeva la tutela dell'ambiente e la conservazione della biosfera questioni di diritto trans-nazionale impossibili da gestire correttamente attraverso sistemi di libero mercato deregolamentato. A livello globale, tale convinzione pose le basi per diverse azioni istituzionali volte alla tutela dell'ambiente e alla limitazione della crescita economica raggiunta a discapito dell'equilibrio geo-fisico del pianeta.

Il protocollo di Montreal del 1987 è considerato un evento storico in quanto fu il primo trattato globale a stipulare una rigida tempistica di riduzione delle emissioni inquinanti, nonché a perorare il cosiddetto *Principio Precauzionale* (PP), ovvero, in breve, l'idea per cui ogni incertezza in ambito ambientale debba essere affrontata tramite misure di salvaguardia⁸.

Nel dicembre del 1988, l'Assemblea Generale delle Nazioni Unite adottò la prima storica risoluzione sulla protezione del clima. Subito dopo, la Dichiarazione sull'Ambiente fu sottoscritta da 24 governi nazionali nel tentativo di avviare il processo di creazione di una autorità sovranazionale per combattere ogni ulterio-

⁸ L'adagio inglese corrispondente è “*better safe than sorry!*”

re surriscaldamento globale dell'atmosfera. Nel novembre del 1990, la Seconda Conferenza Mondiale sul Clima, tenutasi a Ginevra, portò alla sottoscrizione, da parte dei ministri di 137 nazioni, di un documento in cui si richiedeva una strategia globale per affrontare due problemi incombenti: (i) l'incremento senza precedenti della temperatura media sul pianeta, dovuto alla continua ed eccessiva accumulazione di gas serra (*green house gas*, GHG da qui in poi), e i conseguenti effetti di desertificazione e di innalzamento del livello dei mari che potrebbero minare le basi dello sviluppo economico e sociale; (ii) la necessità di sostenere i Paesi in via di sviluppo nella transizione verso l'utilizzo di tecnologie a basso impatto ambientale.

Il vero punto di svolta fu, tuttavia, una risoluzione delle Nazioni Unite, nel 1989, tramite la quale si istituiva la prima conferenza planetaria su Clima e Sviluppo (*UN Conference on Environment and Development*), nota ai più come *Earth Summit*, programmata per il giugno 1992 a Rio de Janeiro. Al Summit parteciparono 118 capi di Stato e gli esiti della conferenza furono placidamente sintetizzati dal Primo Ministro norvegese Harlem Brundtland: "progressi in molti ambiti, troppo pochi progressi in altri, nessun avanzamento, di alcun tipo, in alcuni campi".

La dichiarazione di Rio, anche denominata Agenda 21, fu il principale documento siglato in quella sede, una dichiarazione che sanciva 27 principi su ambiente e sviluppo rispetto ai quali gli Stati membri si assumevano espliciti impegni. In breve, tali precetti vennero classificati in quattro categorie:

- **Principi ambientali:** quali: protezione dell'ambiente; efficace legislazione ambientale; introduzione di standard di qualità ambientale; compensazioni per le vittime di inquinamento e altri danni ambientali; cooperazione internazionale per prevenire disastri ambientali e gestione sovranazionale coordinata di danni ambientali trans-frontalieri; introduzione di strumenti di valutazione di impatto ambientale per le attività di produzione e protezione delle popolazioni povere, oppresse e dominate del pianeta dal deprezzamento delle loro risorse naturali.
- **Principi economici:** tra cui: equanime diritto allo sviluppo e alla qualità ambientale per le generazioni presenti e future; cooperazione internazionale per lo sradicamento della povertà; partnership a livello globale per la conservazione, la protezione e il ripristino dell'integrità ecosistemica della Terra; promozione di adeguate politiche demografiche e riduzione drastica delle forme palesemente insostenibili di produzione e consumo;

cooperazione internazionale per rinforzare i processi di creazione di capacità (*capacity-building*) per la sostenibilità tramite il trasferimento tecnologico e lo scambio di conoscenza scientifica in ambito ambientale; adozione del principio “chi inquina paga” da introdursi a livello nazionale a tutela dell’interesse pubblico.

- **Principi sociali:** il riconoscimento del ruolo delle donne nella gestione delle risorse naturali e in molte pratiche di sviluppo sociale e comunitario; la mobilitazione dei giovani per forgiare un nuovo patto sociale globale per la sostenibilità; il riconoscimento e la protezione dell’identità, della cultura e degli interessi delle popolazioni indigene, e delle comunità locali, e la loro necessaria partecipazione attiva nella gestione delle risorse ambientali.
- **Principi di pace:** tra i quali l’esplicito riconoscimento di come le guerre siano distruttive per la sostenibilità dello sviluppo e di come pace, sviluppo e protezione ambientale siano interdipendenti e indivisibili.

L’Agenda 21 non fu, tuttavia, l’unico risultato importante del Summit.

Da un lato, si avviò un processo a due fasi per la definizione di misure specifiche da assumersi tramite protocolli di intesa successivi. Tra i tanti, ad esempio, ricordiamo la Convenzione sulla Diversità Biologica firmata nel 1993 da 165 nazioni e dalla Comunità Europea; la Convenzione sul Cambiamento Climatico siglata da 150 nazioni nel 1994 ed il Protocollo di Kyoto sulle emissioni di GHG del 1997.

Dall’altro lato, la conferenza condusse all’istituzione, nel 1993, della Commissione delle Nazioni Unite sullo Sviluppo Sostenibile (*United Nations Commission on Sustainable Development*, UNCSD da qui in poi) composta da 53 nazioni e con il mandato di monitorare le condizioni di sostenibilità di crescita e sviluppo. Nel 1996, secondo le disposizioni del Protocollo di Montreal e della Convenzione di Vienna sulle sostanze degradanti per lo strato di ozono, si mise fine alla produzione di clorofluorocarburi nei paesi OCSE, dando tempo dieci anni ai paesi in via di sviluppo per fare lo stesso.

Il 2002 e il 2012 furono occasioni propizie per aggiornare e rivedere, su base decennale, i contenuti del Summit.

Il Summit Mondiale sullo Sviluppo Sostenibile (*World Summit on Sustainable Development*), tenutosi a Johannesburg nel 2002, venne organizzato dalle Nazioni Unite al fine di discutere lo stato di attuazione delle decisioni assunte a Rio. Tra i principali risultati della conferenza citiamo l’Obiettivo 2010 sulla biodiversità,

l'accordo sul ripopolamento dei banchi di pesca a rischio di esaurimento entro il 2015 e la creazione di partenariati tra nazioni per l'attuazione degli *Obiettivi di Sviluppo per il Millennio* sanciti nel 2000. L'assenza della delegazione statunitense, e il boicottaggio dell'amministrazione di George W. Bush, minarono tuttavia lo slancio delle decisioni assunte.

Non più fortunata fu la sorte della conferenza di dieci anni più tardi, tenutasi a Rio, nota come Rio+20. Il summit trattò il nuovo tema dell'economia verde e dei suoi legami con lo sviluppo sostenibile e produsse un documento programmatico, *The Future We Want*, che avviava la definizione degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (*Sustainable Development Goals*). Tali obiettivi, enumerati in un'apposita risoluzione delle Nazioni Unite, sono 17 e includono un'ampia gamma di questioni: dalla povertà, la fame e l'accesso all'acqua, sino alle energie rinnovabili e la creazione di città sostenibili. Le polemiche politiche sulla controversa partecipazione della delegazione iraniana attirarono però più attenzioni di quante non fece il documento stesso, a indicare come il tempo degli grandi accordi globali, a cui seguivano infiniti problemi di attuazione, si fosse forse concluso.

Eppure politicamente non fu fatica vana. Il ruolo della crescita economica nel sostenere o nell'impedire lo sviluppo sostenibile, i bisogni di risorse naturali da parte dei paesi in via di sviluppo nei quali si osservano importanti tassi di crescita del reddito medio, le questioni relative a equità e uguaglianza nella proprietà e nell'accesso a risorse naturali e le conseguenze nefaste per l'ambiente di un'eccessiva disuguaglianza nella distribuzione del reddito, la tutela e la qualità dell'ambiente come componenti imprescindibili di un reale sviluppo umano e sociale non sono che alcuni temi cruciali che emersero dagli anni di forte dibattito sulla questione ambientale che abbiamo ripercorso. Il mondo del 1997 era ben diverso da quello del 1976: il surriscaldamento globale, il cambiamento climatico, la riduzione di biodiversità e l'alterazione dei principali ecosistemi terrestri erano divenute questioni importanti tanto quanto, o forse più, dell'inquinamento industriale. Allo stesso tempo, la coscienza ambientale, e le relative questioni etiche, si era consolidata, per lo meno tra i cittadini dei paesi OCSE, con la nascita di una miriade di movimenti ambientalisti, organizzazioni non-governative, istituzioni locali per la sostenibilità e la tutela dell'ambiente, a cui fecero seguito nuovi approcci nei confronti dell'ambiente e dell'ecologia da parte di importanti istituzioni economiche internazionali come la Banca Mondiale.

Il tempo di cambiare era giunto: a detta di tutti, o quasi, l'economia verde non era più un'opzione, ma un'evoluzione ineludibile del capitalismo globalizzato.

3. CRESCITA E QUALITÀ AMBIENTALE

Simon Smith Kuznets vinse il premio Nobel nel 1971 per la sua interpretazione, empiricamente fondata, della crescita economica, analisi che ha condotto a una più approfondita comprensione della struttura sociale ed economica e del suo processo di sviluppo. Uno dei suoi contributi più noti mette in relazione la crescita percentuale del reddito nazionale e il livello di diseguaglianza nella distribuzione del reddito, evidenziando l'esistenza di una relazione ad U rovesciata (*inverted U-relationship*, IUR, da qui in poi) ai più nota come *Curva di Kuznets* (Kuznets 1955)¹. Nel suo lavoro di ricerca si occupò di fluttuazioni cicliche, contabilità nazionale e crescita, ma mai si occupò di questioni di economia delle risorse naturali, anche se era solito ripetere come fosse necessario distinguere tra la quantità e la qualità della crescita economica. Non sarebbe, credo, stupito di venire quindi associato ad uno degli strumenti più consolidati e discussi dell'economia dell'ambiente: la Curva di Kuznets Ambientale (*Environmental Kuznets Curve*, EKC, da qui in poi)².

¹ Per un tributo al ruolo del pensiero di Kuznets nello sviluppo delle scienze economiche si veda Williamson (1992).

² Per una discussione critica della EKC si veda de Bruyn *et al.* (1998).

3.1 La Curva di Kuznets Ambientale

La EKC è una supposta relazione empirica tra crescita economica e qualità ambientale³. Essa viene solitamente piegata a due possibili interpretazioni: una macro e una micro. In entrambi i casi, la sua validazione econometrica è non solo necessaria, ma critica e problematica. Per molti non esiste, ed è solo l'esito di triviali tecniche di stima incapaci di catturare realmente una relazione complessa, per altri sarebbe la dimostrazione empirica di come la soluzione al problema dell'inquinamento sia la crescita economica. Ma andiamo con ordine.

Secondo la macro-interpretazione della EKC, esiste una relazione a U-rovesciata tra livello di crescita economica di una nazione, misurato dal valore del reddito pro-capite, e il livello di degrado ambientale in termini di emissioni inquinanti (vedi Fig. 1).

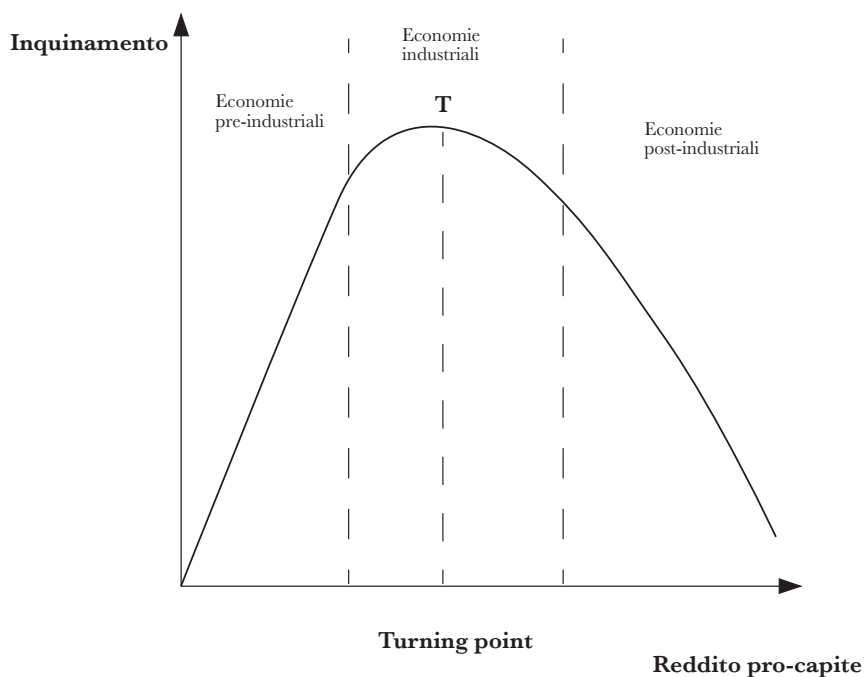


Fig. 1. La EKC (interpretazione macro).

³ Tra i primi lavori sulla curva menzioniamo Shafik (1994) e Parikh (1996).

L'intuizione di fondo è anche ragionevole. Nelle economie pre-industriali, l'accumulazione di reddito ha la priorità sulla tutela ambientale, sono necessari grandi e invasivi investimenti infrastrutturali, le tecnologie sono rudimentali e ad alto impatto ambientale e le preferenze collettive sono per un forte aumento del tenore di vita anche a discapito della natura. Esiste, pertanto, una relazione diretta tra crescita del reddito individuale e quantità di inquinamento (bassa qualità ambientale). Con il proseguire della crescita, la transizione verso un'economia industriale e il conseguente innalzamento ulteriore dei redditi individuali ci si avvicina a un punto di svolta (*turning point*). Prima la relazione positiva si attenua, quindi si inverte di segno. Una volta ultimata la transizione verso una economia post-industriale, in termini tecnologici/infrastrutturali, di reddito, di sensibilità verso questioni ambientali dei consumatori, divenuti ora critici e consapevoli, e di evoluzione della legislazione ambientale, la relazione diviene fortemente negativa; a maggior crescita corrisponde una decisa riduzione della quantità di inquinamento. In breve, la crescita economica continua nel tempo, e la transizione verso modelli post-industriali di produzione della ricchezza, riducono, indirettamente, il problema delle eccessive emissioni inquinanti e della conseguente bassa qualità dell'ambiente. Maggior reddito consente l'introduzione di tecnologie evolute a basso impatto ambientale, induce preferenze per la conservazione della natura e lo sviluppo di credibili istituzioni sociali che difendano la sostenibilità. Questo porta verso la cosiddetta disconnessione (*de-linking*) tra accumulazione di ricchezza e danno ambientale: il secondo non è più ascrivibile alla prima. In buona sostanza, la versione verde del noto "effetto sgocciolamento" (*trickle-down effect*) secondo cui, citando un famoso aforisma, "l'alta marea solleva tutte le barche", compresa quella della tutela ambientale⁴.

Il problema principale di tale interpretazione della EKC giace nella misurazione empirica del danno ambientale. Quale indicatore/indice di bassa qualità ambientale regredire con l'aumento del reddito pro-capite? Essendo le forme di inquinamento ambientale molteplici, e concatenantesi reciprocamente, la risposta è tutt'altro che banale. Per questo, retorica politica a parte, la micro-interpretazione della EKC è ritenuta più corretta e scientificamente difendibile. Da tale prospettiva, il *delinking* non riguarderebbe il degrado ambientale *tout court*, bensì

⁴ In lingua inglese "*a rising tide lifts all boats*", uno slogan che, secondo le ricostruzioni storiche, venne reso celebre, in un famoso discorso del 1963, da J.F. Kennedy il quale lo rubò alla Camera di Commercio del New England Council.

diversi indicatori ambientali riferiti a specifiche sostanze inquinanti. La domanda diventa dunque: disconnessione della crescita economica da quale forma di inquinamento ambientale?

Molteplici studi si sono focalizzati sulla stima di una possibile EKC che metta in relazione reddito pro-capite e diverse forme di inquinamento: dalle emissioni di sostanze nell'aria all'inquinamento dell'acqua, dalla quantità di rifiuti prodotti, sino alle emissioni di CO₂ nell'atmosfera (vedi Fig. 2).

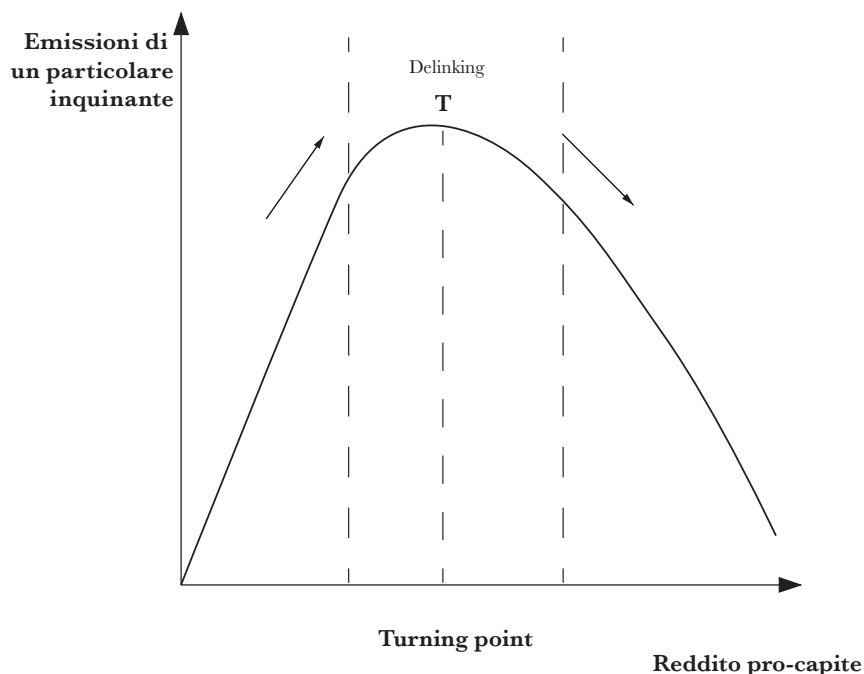


Fig. 2. La EKC (interpretazione micro).

I risultati econometrici ottenuti sono tuttavia ambigui⁵. Relativamente agli inquinanti aerei, i risultati ottenuti corroborano, ad esempio, il de-linking per molte emissioni nocive, ma non per l'anidride carbonica la cui quantità nell'atmosfera crescerebbe monotonicamente con il reddito individuale (Stern 2004).

⁵ Tecnicamente, l'ipotesi posta a vaglio è che l'elasticità del *reddito ambientale*, ovvero quel reddito ottenuto da risorse naturali non coltivate e selvagge, diminuisca monotonicamente rispetto al livello di reddito e che cambi segno, da positiva a negativa, a una certa soglia del reddito pro-capite generando così la IUR menzionata.

Harbaugh *et al.* (2002) non individuano alcuna relazione del tipo EKC per il caso del biossido di zolfo, mentre Markandya *et al.* (2004) confermano l'ipotesi per le immissioni di zolfo.

Per l'inquinamento delle risorse idriche sembra invece generalmente confermata la IUR qui discussa, ma con livelli soglia più elevati che per le forme l'inquinamento aereo.

Ancora, Mc Pherson e Nieswiadomy (2005) individuano un rilevante effetto disconnessione tra reddito pro-capite e il numero di specie estinte o minacciate, mentre Mazzanti e Zoboli (2009) non confermano alcuna EKC in riferimento alla quantità prodotta di rifiuti solidi urbani.

L'impressione è che la EKC come modello di interpretazione intuitivo e induttivo non sia in grado di fornire risposte definitive: per tale ragione, molti ricercatori si sono mossi per individuare possibili spiegazioni teoriche della curva⁶.

3.2 Spiegazioni teoriche della EKC

Le ragioni teoriche che possono spiegare il *delinking* immaginato dalla EKC sono usualmente divise tra quelle riferite al lato dell'offerta del sistema economico e quelle connesse al lato della domanda.

Sul lato della domanda, la qualità ambientale possiede le caratteristiche di un bene di lusso (*luxury good*) e maggiori redditi pro-capite portano con sé una maggior disponibilità a pagare per servizi ambientali e la possibilità di imporre regolamentazioni e tasse ambientali. Al tempo stesso, maggior coscienza delle problematiche ambientali, e della sostenibilità, dovrebbe indurre un mutamento delle preferenze individuali in favore di forme di consumo ad basso impatto ambientale o verso l'acquisto di beni meno inquinanti.

Sul lato dell'offerta, tre effetti concorrenti dovrebbero essere in azione. Per identificarli possiamo scrivere la quantità totale di emissioni di un dato elemento inquinante per gli N settori di un'economia, in un dato istante di tempo, come segue:

$$E_t = \sum_{i=1}^N a_{it} \alpha_{it} Y_t \quad (2)$$

⁶ Tra i primi Andreoni e Levinson (2001).

dove $\sum_{i=1}^N \alpha_i = 1$, a_i indica le emissioni per unità di prodotto del settore i -esimo e Y_i denota il reddito nazionale. È quindi possibile individuare tre effetti concomitanti:

- **Effetto Scala:** secondo il quale al crescere della scala di produzione adottata nei processi produttivi aumentano le emissioni inquinanti complessive;
- **Effetto Progresso Tecnico:** secondo cui al crescere dell'intensità del progresso tecnologico capace di introdurre tecnologie di produzione a minor impatto ambientale, a parità di scala dell'economia, le emissioni inquinanti diminuiscono;
- **Effetto Composizione:** in base al quale, al crescere del reddito nazionale la composizione dei settori produttivi muta. Il passaggio da un'economia industriale a un'economia post-industriale accresce il numero, e il peso in termini di PIL, di settori produttivi a basso impatto ambientale a discapito di quelli maggiormente inquinanti.

L'interazione tra fattori di domanda e di offerta dovrebbe spiegare la IUR immaginata dalla EKC. Sino a quando le preferenze dei consumatori per i beni ambientali non mutano, e gli investimenti in R&S non generano forme di progresso tecnico capaci di ridurre ampiamente l'impatto ambientale delle tecnologie in uso, l'effetto scala sarà più intenso dei restanti due; al crescere del PIL, tuttavia, l'intensità della sostituzione tecnologica verde e l'emersione di nuovi settori produttivi maggiormente sostenibili dovrebbero essere più vigorose sino al raggiungimento di quel valore soglia del reddito pro-capite oltre il quale i rispettivi effetti andranno più che a compensare l'effetto scala. Chiaramente, tali dinamiche saranno differenti rispetto a diversi tipi di inquinante, e rispetto a differenti contesti istituzionali e territoriali, lasciando presagire diverse soglie di *delinking* per differenti nazioni o regioni del pianeta⁷.

3.3 Cosa la EKC non dice

Il grande successo della EKC tra gli addetti ai lavori è dovuto non solo alla relativa semplicità dello strumento, ma anche alla sua buona malleabilità rispetto a posizioni politiche distinte sulla questione crescita e ambiente.

⁷ Per tale ragione, nelle stime econometriche si preferisce, se possibile, utilizzare dati nazionali piuttosto che *cross-country* come avveniva nei primi contributi sul tema.

Il pensiero liberista la chiama in causa per evocare e difendere, come detto sopra, la cd. *trickle down economics*; i difensori di un ruolo attivo dello Stato nell'economia, spesso di cultura post-keynesiana, la utilizzano per sottolineare l'importanza per la sostenibilità dell'innovazione tecnologica verde e di adeguate politiche pubbliche per sostenerla. Persino gli ambientalisti più radicali gioiscono quando l'ipotesi ad essa sottesa non è verificata, rigonfiando retoriche di de-crescita e di drastica riduzione della scala del sistema economico. Eppure, benché abbia un'indubbia utilità nella cassetta degli attrezzi dell'economista ambientale, sono tante le cose che la EKC non dice e non potrà mai dire.

Arrow *et al.* (1995) puntualizzano, con maestria e chiarezza, i silenzi ineludibili dell'ipotizzata relazione a U-rovesciata ammesso, e non concesso, che essa esista. In breve, tre sono le cose che non potrà mai implicare:

- che la crescita sostenibile sia sufficiente per migliorare o ripristinare un'elevata qualità ambientale; nel migliore dei casi, la EKC ci indicherà una minor incidenza delle emissioni che continueranno tuttavia a invadere gli eco-sistemi terrestri;
- che gli effetti della crescita economica sull'ambiente possano essere ignorati poiché nel lungo periodo avverrà il *de-linking*;
- che il pianeta Terra possa comunque sopportare, nel lungo periodo, gli effetti cumulati di forti tassi di crescita economica.

Dobbiamo così concludere che forse il limite principale della EKC è la sua ingenuità ecologica e il suo ridurre il problema della sostenibilità della crescita a una semplice disconnessione tra questa ed eventuali disastri ambientali irreversibili. Come vedremo nel proseguo, concetti provenienti dall'ecologia quali resilienza (*resilience*) o capacità di carico (*carrying capacity*) di un ecosistema saranno, *inter alia*, cruciali per un deciso avanzamento nel dibattito sulla sostenibilità dello sviluppo.

4. SVILUPPO SOSTENIBILE: INTERPRETAZIONI

Il concetto di sviluppo sostenibile (*sustainable development*, SD, da qui in poi) è essenzialmente interdisciplinare. Molta terminologia e molteplici elementi che compongono l'idea di SD non derivano dai principi della teoria economica neoclassica, ma dalla biologia, dalla fisica e dall'ecologia. L'approccio economico al problema della sostenibilità non sarebbe altresì completo in assenza di un'attenta valutazione del comportamento degli eco-sistemi e dei sistemi bio-geo-fisici del pianeta.

In questa Sezione, presenteremo un'ampia varietà di prospettive sul significato della sostenibilità e su cosa significhi SD. Prima di far ciò, tuttavia, introdurremo, in maniera altamente "glossaristica", una serie di definizioni e concetti provenienti dall'ecologia, e da altre scienze naturali, che saranno utili successivamente.

4.1 Alcuni concetti importanti: biologia, geofisica ed ecologia

Senza pretese di esaustività, la seguente lista di concetti provenienti dalle scienze naturali è entrata ormai a far parte del bagaglio culturale di chiunque partecipi al dibattito sulla sostenibilità dello sviluppo:

- *Ecosistema*: l'insieme di tutte le forme di vita e il loro ambiente fisico, includendo l'intera famiglia di entità interagenti tra loro; il funzionamento di un ecosistema esita in diverse interazioni che compongono, in un dato istante di tempo, ciò che è noto come "*bilancio naturale*".
- *Sistema biogeofisico*: sistema fisico e biologico con riferimento ad una o più regioni geologiche.

- *Biota*: l'insieme di tutti gli esseri viventi, piante ed animali compresi, che occupano un determinato spazio in un ecosistema.
- *Feedback biogeofisico*: quando i processi antropogenici sul biota e sulle risorse naturali interagiscono modificando l'habitat dal quale il biota dipende.
- *Biosfera*: i segmenti della Terra, e della sua atmosfera, che supportano la vita (terre emerse, oceani, ghiacciai ecc.).
- *Capacità di Carico* (CC, da qui in poi): la massima dimensione di una specifica popolazione di specie che un ecosistema può sopportare, per un certo lasso di tempo, senza veder distrutto il suo equilibrio di lungo periodo.
- *Resilienza*: l'abilità di un eco-sistema di assorbire disturbi e ripristinare autonomamente condizioni di equilibrio di lungo periodo (*condizioni dello status quo ante*).
- *Servizi ecosistemici*: questi includono: (a) il mantenimento della biodiversità e la produzione di beni naturali, e non, dell'ecosistema; (b) funzioni di supporto alla vita; (c) fornitura di benefici intangibili di natura estetico-culturale¹.
- *Stress*: il risultato di un cambiamento ambientale che riduce le opportunità di sopravvivenza di un organismo.
- *Limiti di soglia*: i limiti di fattori oltre i quali l'equilibrio e la stabilità di lungo periodo delle popolazioni e degli ecosistemi è messa a repentaglio; spesso sono soglie critiche di sopravvivenza.
- *Fonte (source)*: ogni componente dei sistemi biogeofisici e atmosferici in grado, potenzialmente o effettivamente, di offrire risorse importanti per la vita presente e futura sul pianeta.
- *Pozzo (sink)*: una riserva di ogni elemento (liquido, solido o gassoso) che ha la funzione di assimilare, o assorbire, elementi inquinanti da uno o più cicli atmosferici terrestri (come il ciclo dell'acqua o quello del carbonio).

4.2 Non-linearità, irreversibilità e resilienza

Al fine di comprendere appieno l'idea ecologica di *resilienza* è necessario collegarla con due altri concetti cruciali nel mondo biogeofisico: quello di non-linearità e quello di irreversibilità.

¹ Per una descrizione dettagliata di un ecosistema e delle sue funzioni si veda Daily (1997).

4.2.1 Non-linearità

La maggior parte dei fenomeni sul nostro pianeta segue un andamento non-lineare. In genere, il cambiamento ecologico non è né graduale, né continuo e il comportamento biologico segue forti non-linearità. Ad esempio, la reazione comportamentale di una ampia varietà di animali (inclusi gli essere umani) all'intossicazione dell'ambiente²: sussiste una relazione non-lineare tra assunzione di sostanze tossiche e sopravvivenza fisica della specie (vedi Fig. 3). Anche l'adattamento medio di un genotipo al variare degli habitat di riferimento è rappresentabile tramite una relazione non-lineare³.

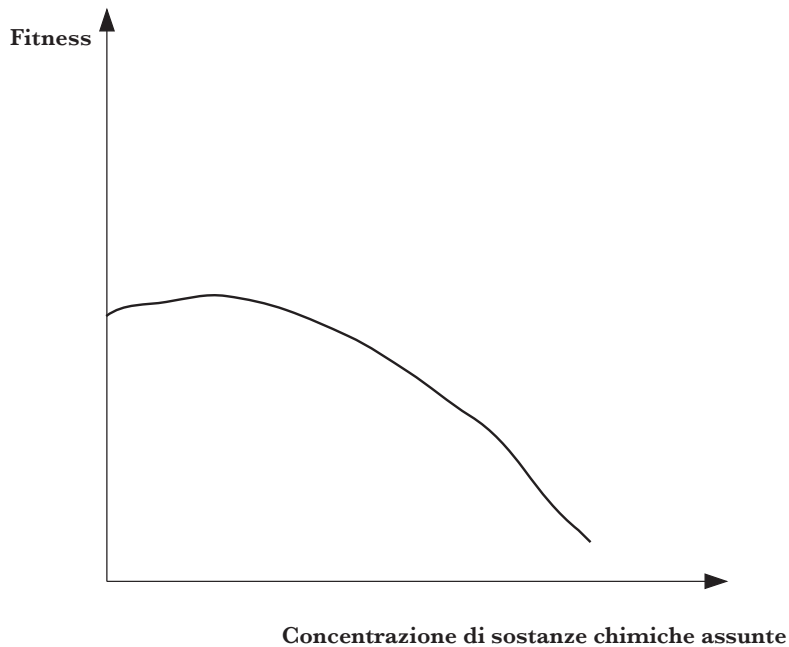


Fig. 3. Relazione tra fitness di un organismo e concentrazione di sostanze chimiche (Hoffman e Parsons, 1997).

Le non-linearità nell'evoluzione degli ecosistemi inducono spesso a reazioni e comportamenti del biota non prevedibili poiché:

² Si vedano Hoffman e Parsons (1997).

³ Si veda, ad esempio, Gillespie (1973).

- piccoli cambiamenti casuali periodici possono propagare ampi disturbi al sistema, transitandolo verso un nuovo percorso evolutivo;
- al continuo cumularsi di influenze e disturbi, intere famiglie di relazioni stabili improvvisamente collassano e il sistema si muove verso nuovi meccanismi e processi di controllo⁴.

Tali non-linearità, tipicamente responsi non uniformi e sproporzionati, oltre certi livelli possono indurre discontinuità importanti, come nel caso degli ecosistemi forestali sottoposti a piogge acide i quali inizialmente degradano lentamente per poi, al di sopra di soglie massime di stress, collassano improvvisamente verso la distruzione.

4.2.2 Irreversibilità

L'effetto cumulato di varie attività che influenzano l'equilibrio in essere di un sistema biofisico conduce a importanti irreversibilità, come l'estinzione di specie biologiche conseguente a crescenti danni ambientali.

Tali esiti irreversibili sono il risultato di impatti cumulati provenienti da fonti multiple di stress: (a) la stessa causa di stress ambientale ripetuta nel tempo; (b) la stessa causa di stress sufficientemente densa nello spazio; (c) l'interazione tra fonti di stress differenti su un particolare elemento dell'ecosistema. Una volta che le soglie critiche di tolleranza sono oltrepassate, si inizia ad osservare perdita di resilienza.

4.2.3 Resilienza ecologica e destabilizzazione degli ecosistemi

In ecologia, la resilienza viene interpretata come l'abilità di sistemi, specie o organismi di assorbire i vari disturbi esterni ed interni e ristabilire autonomamente le condizioni antecedenti a tali stress (Holling 1973). Implicita, se non esplicita, in tale concezione di resilienza ecologica, è l'assunzione per cui se lo shock fronteggiato da un sistema eccede la sua capacità di assorbimento (*absorptive capacity*), il sistema stesso verrà spinto verso stati o forme alternative solitamente meno favorevoli rispetto a quelli pre-shock. La perdita di resilienza tende a spingere un ecosistema verso i suoi limiti soglia e genera una progressiva perdita delle sue originarie caratteristiche biofisiche⁵. Come possano essere qualificati tali "stati alternativi", se essi possano,

⁴ Si veda Holling *et al.* (1998).

⁵ Il Grandi Laghi del nord degli USA sono un buon esempio di un ecosistema colpito da perdita di resilienza con l'irreversibile estinzione di numerose specie biologiche. Altro caso assai diffuso è quello dei bacini idrografici in cui i prelievi di acqua siano sistematicamente maggiori dei limiti soglia: una volta che il bacino è prosciugato non ritornerà mai più alla sua configurazione originale.

o meno, essere identificati a priori e come questi possano minare o ridefinire la stabilità del sistema, sono tutte questioni ampiamente dibattute negli studi ecologici⁶.

La Figura che segue illustra, schematicamente, le interrelazioni tra i concetti su esposti.

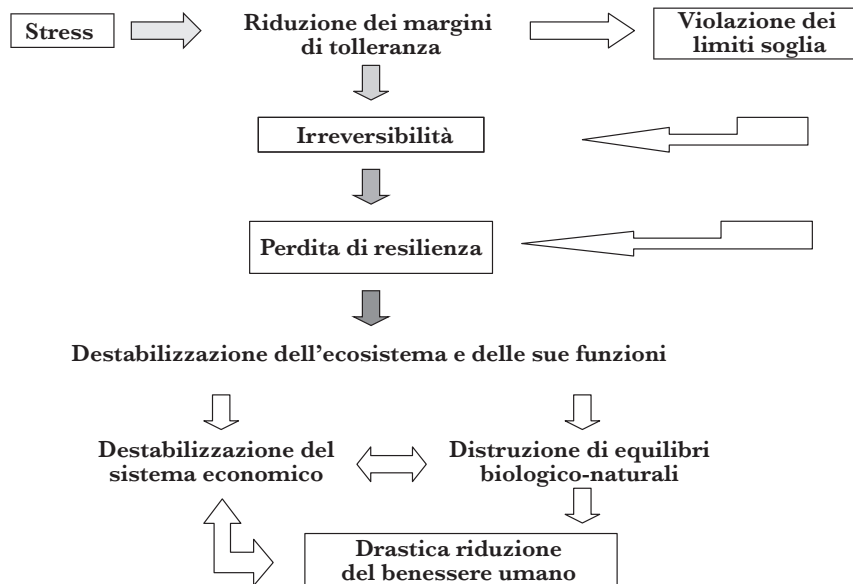


Fig. 4. Interdipendenza tra irreversibilità, resilienza e benessere.

4.2.4 Sintomi di insostenibilità

Da una prospettiva ecologica, la sostenibilità può essere relativamente più difficile da definire rispetto all'individuazione di chiari sintomi di insostenibilità. Una lista di questi sulla quale si ottiene facile consenso è la seguente:

- effetto serra industriale e surriscaldamento globale;
- esaurimento dell'ozono;
- acidificazione dell'atmosfera;
- inquinamento tossico;
- estinzione di specie biologiche e perdita di biodiversità;
- deforestazione;

⁶ Ad esempio, si veda Grimm e Vissel (1997).

- desertificazione e impoverimento della terra;
- esaurimento di risorse naturali non-rinnovabili;
- inquinamento dell'aria ed eccesso di rifiuti solidi urbani.

Come vedremo, la sostenibilità ecologica richiede assai più del contenimento delle suindicate patologie, anche se il loro attenuarsi sarebbe il primo passo per salvare il pianeta.

4.3 Concetti alternativi di sostenibilità

La letteratura sull'argomento ha proposto molteplici connotazioni del concetto tra loro differenti e talvolta inconciliabili. Posizioni etiche, ideologie ambientaliste, estremismi libertari, e visioni concorrenti del progresso sociale, giocano, in questo dibattito, un ruolo importante, spesso tanto importante quanto la prospettiva disciplinare adottata nel suggerire definizioni. In quel che segue, pertanto, cercheremo di separare diverse posizioni definitorie partendo da una facile contrapposizione: *approccio economico-politico* vs. *approccio ecologico*.

4.3.1 L'approccio economico-politico

Come ricordato, il Rapporto Brundtland (WCED 1987) contribuì ampiamente al lancio del dibattito sulla definizione di SD:

lo sviluppo sostenibile è quello sviluppo che permette alle generazioni correnti di soddisfare i propri bisogni senza compromettere l'abilità delle generazioni future di fare lo stesso. Esso contiene al suo interno due concetti chiave: il concetto di "bisogni", in particolare quelli dei più poveri del pianeta ai quali deve essere data assoluta priorità e l'idea di limitazioni, imposte dallo stato della tecnologia e dell'organizzazione sociale, delle capacità dell'ambiente naturale di soddisfare bisogni presenti e futuri (p. 43).

La commissione suggerisce dunque come sarà possibile raggiungere l'obiettivo della sostenibilità solo rispettando sia l'*equità intergenerazionale* (tra generazioni), che l'*equità intragenerazionale* (tra gruppi sociali della stessa generazione), nonché impegnandosi nello sradicamento della povertà foriera di insostenibilità⁷. Le genera-

⁷ Lo stesso è enunciato nei Principi 3 e 5 della Dichiarazione di Rio.

zioni future, anche a costo di effettuare assunzioni critiche sulle loro preferenze, vanno tutelate e compensate per quei costi futuri imposti dai nostri comportamenti presenti di produzione e consumo.

Indubbiamente, una definizione ambiziosa e provocatoria, capace di accendere la discussione, ma necessitante di ulteriori specifiche per essere precisa e applicabile in termini di *policy-making*.

Un primo punto controverso è infatti quello della compensazione al fine di mantenere le possibilità future di produzione e consumo, e il conseguente soddisfacimento dei bisogni fondamentali, a livelli non inferiori a quelli odierni. Molti economisti leggerebbero tale condizione come equivalente alla garanzia di avere livelli di consumo pro-capite non decrescenti nel tempo e rimarcherebbero come, a tal fine, il ruolo della risorsa capitale rimanga cruciale. Ma quale capitale, visto che esistono molteplici forme della risorsa capaci di creare valore economico e qualità della vita?

Dal capitale fisico al capitale totale

Ampiamente accettata nelle scienze economico-sociali è l'idea per cui esistano molteplici componenti dell'aggregato capitale tutte rilevanti per lo sviluppo. In breve, seguendo Seralgeldin (1996) e Rao (2000), queste possono essere classificate in:

- *Capitale tecnologico*, assemblato dall'attività umana industriale e manifatturiera;
- *Capitale umano*, connesso con la conoscenza, il *know-how* tecnologico, l'educazione e il livello di istruzione delle popolazioni, il loro stato di salute ecc.;
- *Capitale sociale*, legato a cultura, istituzioni, comportamenti cooperativi, fiducia, norme sociali, partecipazione sociale;
- *Capitale naturale*, che ricomprende l'insieme delle risorse naturali rinnovabili e non-rinnovabili;
- *Capitale ecologico*, che include, oltre al capitale naturale, i pozzi di assorbimento degli scarti e delle emissioni derivanti da attività antropiche e i servizi ecosistemici infrastrutturali per la sopravvivenza sul pianeta, quali lo scudo di ozono, il clima, i cicli naturali di rigenerazione e il GE naturale.

Lo stock di capitale totale (*total capital*, TK da qui in poi) di un'economia sarà determinato dalla combinazione, non necessariamente additiva, delle sue diverse forme. Il mantenimento nel tempo dello stock esistente di TK potrà dunque rea-

lizzarsi tramite incrementi in una o più componenti che compensino le riduzioni avvenute in altre. Detto questo, tuttavia, le difficoltà concettuali non si riducono, anzi si esacerbano.

Possono le diverse forme di capitale essere considerate sostituti stretti, oppure esistono relazioni di complementarietà tra alcune forme di capitale ed altre? Nel caso si accetti l'idea di sostituibilità, in che modo si può risolvere il problema della commensurabilità tra variazioni negli stock di tipologie differenti di capitale? Quanto continuare con la sostituzione e quali saranno le sue conseguenze oggi ignote? Qui entrano in gioco etica, politica ed ideologia.

Liberismo e sostenibilità

Dall'estremo destro dello spettro di posizionamento sul tema, gli economisti liberisti e neoconservatori sostengono che i mercati liberi non regolamentati, ed il progresso tecnico e scientifico, assicureranno infinite capacità di sostituzione in grado di ovviare a tutti i vincoli derivanti dalla scarsità/limitatezza delle risorse naturali. L'etica liberale antropocentrica pone i diritti e gli interessi degli esseri umani al di sopra di ogni cosa, la natura ha mero valore strumentale e l'obiettivo primario, anche per la tutela ambientale, deve essere la crescita economica e l'aumento del reddito nazionale. L'idea liberista di sostenibilità è dunque riconducibile a quella di crescita sostenibile ovvero perdurante nel tempo.

Sostenibilità debole (à la Brundtland)

Al ridursi della cieca fede verso i mercati liberi e non vincolati, aumenta la rilevanza riconosciuta, da studiosi e addetti ai lavori, alla crescita compatibile con l'ambiente e a forme di regolamentazione ambientale. Al pari, si assiste a un'estensione del ragionamento etico verso problemi di equità e uguaglianza di opportunità tra generazioni. La natura non ha solo valore strumentale, anche se viene normalmente accettata la tesi di sostituibilità stretta tra unità di capitale naturale, ad esempio la quantità di boschi, e unità di capitale prodotto dall'uomo, ad esempio strade, nel rispetto della regola del TK costante. Come è chiaro, questa posizione è molto simile a quella espressa dal Rapporto Brundtland.

Ecocentrismo e sostenibilità forte

Dando priorità a istanze di conservazione e salvaguardia delle risorse naturali, agli interessi collettivi su quelli individuali e al valore primario degli ecosistemi, si abbraccia una posizione che viene detta ecocentrica. Per coloro che approc-

ciano la sostenibilità da questa prospettiva, non esistono, se non in casi molto rari, margini di sostituibilità tra capitale ecologico e naturale e altre forme di capitale prodotto dall'attività umana. La tutela del "sistema" Gaia è prioritaria e, a tal fine, sono necessarie regolamentazione ambientale e stazionarietà dell'economia (i.e., nessun aumento di scala). In tal senso, tale nozione è detta di sostenibilità forte⁸.

Radicalismo ambientale e decrescita

All'estremo opposto rispetto alla destrosità liberista si colloca il radicalismo ambientale. La bioetica – secondo cui diritti/interessi devono essere ascritti a tutte le specie, umane e non umane, e alle parti abiotiche dell'ambiente – diventa la teoria etica di riferimento; la natura possiede un valore intrinseco, non strumentale, indipendente dall'esperienza umana. Nessuna forma di sostituzione tra componenti del TK è ammessa, anzi la preservazione estrema del capitale naturale ed ecologico è assunta come priorità. Minimi prelievi di risorse naturali esauribili e utilizzo limitato di quelle rinnovabili sono cruciali, esattamente come una riduzione della scala dell'economia in termini di produzione e consumi. La sostenibilità in questo caso è associata alla decrescita⁹.

4.3.2 L'approccio ecologico

Senza pretese di esaustività, e al fine di mettere in evidenza la peculiarità dell'approccio allo SD dell'ecologia e delle scienze naturali, partiamo da una possibile definizione di sostenibilità in senso biofisico (Fuwa 1993):

sostenere la biosfera e la sua salvaguardia per massimizzare le opzioni future include render capaci le generazioni correnti e future di raggiungere miglioramenti economici e sociali all'interno di una cornice di diversità culturale, mantenendo, al tempo stesso: (a) la biodiversità; (b) l'integrità biogeochimica della biosfera attraverso la conservazione e l'uso appropriato di aria, acqua e terra [...] la sostenibilità biofisica deve, necessariamente, assumere il senso di sostenibilità della biosfera meno l'umanità [...] allo stesso modo, lo sviluppo sostenibile dovrebbe significare sia sostenibilità biofisica che sviluppo umano sostenibile, con quest'ultimo a supportare la prima.

⁸ Si veda Daly e Cobb (1989), Brekke (1997).

⁹ Per una difesa della tesi della decrescita si rimanda a Latouche (2006).

Al di là del riferimento al concetto di sviluppo umano sostenibile¹⁰, la definizione evoca ambiti rilevanti di conservazione, pur apparendo forse poco utile per ottenere linee guida operative.

Più specifica è la definizione offerta da Vellinga *et al.* (1994):

il concetto di sviluppo sostenibile può essere definito come il mantenimento e l'utilizzo sostenibile delle funzioni offerte dagli ecosistemi naturali e dai processi della biosfera. Al contrario, in una situazione di insostenibilità, in cui i limiti di capacità di carico della biosfera sono oltrepassati, alcune le funzioni ambientali non possono pienamente essere soddisfatte.

Il riferimento alla CC, e alle difese delle funzioni dei sistemi ecologici, è qui esplicito.

Seguendo i contributi di Holling, Common e Perrings (1992) mettono quindi in relazione sostenibilità e resilienza. La resilienza può essere interpretata come un concetto di stabilità globale e strutturale, ed essere associata a molteplici equilibri locali di un ecosistema. La stabilità di un equilibrio locale implica la resilienza del sistema e un'elevata resilienza è sintomo di sostenibilità biogeofisica.

Altra definizione ampiamente nota e diffusa di sostenibilità è, infine, quella offerta dall'economia ecologica (*ecological economics*) che vede la sostenibilità come relazione equilibrata tra sistemi ecologici ed economici concepiti come sistemi complessi e dinamici (Costanza *et al.* 1991)¹¹.

In queste definizioni, come si vede, non si trova menzione esplicita a questioni di equità, di riduzione di scala dell'economia o di regolamentazione verde dei mercati di scambio. Giusto pertanto tentare di fondere i due approcci per capire quali siano i pilastri fondamentali della sostenibilità intesa in senso multidimensionale.

4.3.3 Verso la sostenibilità multidimensionale

UNDP/PCSD (1997) e World Bank (1997) suggeriscono, correttamente, di integrare i due approcci per ottenere una nozione multidimensionale di SD. Lo SD possiede due grandi ambiti, quello economico-sociale e quello ecologico-ambientale, che interagiscono reciprocamente.

¹⁰ Su come mettere in relazione sviluppo umano e sostenibilità si rinvia a Anand e Sen (2000).

¹¹ Discuteremo di economia ecologica più avanti nel testo.

Quattro pilastri retro-interagiscono continuamente: (i) la massimizzazione del benessere umano, (ii) la garanzia di livelli non decrescenti nel tempo di qualità della vita, (iii) la preservazione di livelli critici di capitale ecologico e naturale in ogni sua componente significativa, (iv) il mantenimento della resilienza degli ecosistemi e il rispetto della loro capacità di carico. Tutti elementi essenziali per la sostenibilità (vedi Fig. 5):

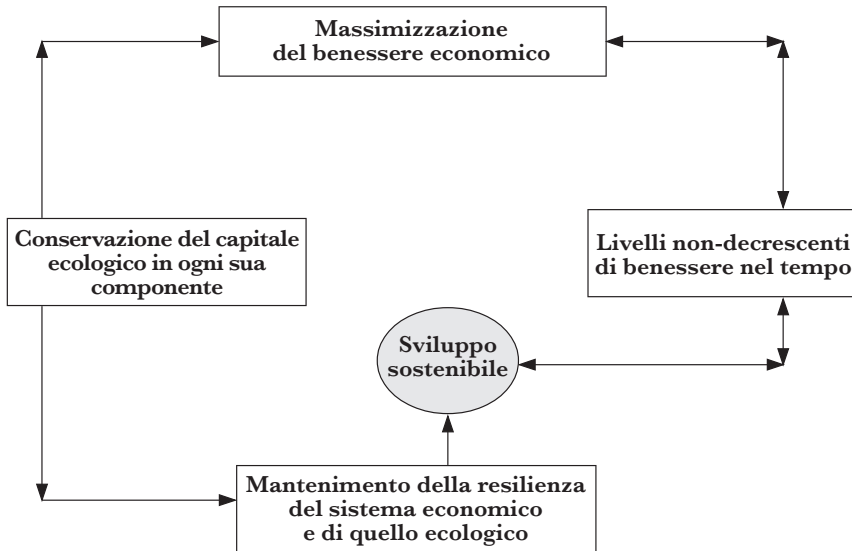


Fig. 5. Rappresentazione schematica dello sviluppo sostenibile.

4.4 L'insostenibile sostenibilità: il paradosso di Solow

Parola d'ordine per i *policy-maker*, concetto cardine per gli studiosi di sviluppo economico e sociale, *leitmotiv* di numerose campagne di sensibilizzazione pubblica, il concetto di sostenibilità è stato uno dei protagonisti del dibattito politico negli ultimi trent'anni. La situazione biogeofisica del pianeta non è migliorata, cosa peraltro improbabile in un lasso di tempo così ridotto, e la povertà umana non è stata debellata, nonostante vi fossero i mezzi per farlo. Adolescenti mobilitati per intimare ai grandi del pianeta di non osare, di non precludere loro future opportunità di benessere, di non lasciare vivere i loro figli in un ambiente ancor più degradato: tutti sono ormai, tranne i truci neoconservatori, alfieri della sostenibilità (almeno debole).

Eppure, alle menti più acute e brillanti, come senza dubbio quella di Robert Solow, non è sfuggita una terribile sorpresa concettuale che denomineremo *paradosso di Solow* (*Solow paradox*). Così lo presenta Solow (1991) alla diciottesima *J. S. Johnson Lecture* al Marine Policy Center presso la Woods Hole Oceanographic Institution.

Se, come discusso, lo SD ha a che fare con l'equità distributiva, ha a che vedere con la scelta di come dovremmo condividere con le generazioni future la capacità produttiva e il capitale totale, appena si accoglie tale prospettiva di senso si è necessariamente spinti a pensare all'equità intragenerazionale oltre a quella tra generazioni. C'è qualcosa di sorprendente, e incoerente, in chi si mostra terribilmente preoccupato per le sorti delle generazioni future, ma sembra non accorgersi dei milioni di essere umani poveri e indigenti nel mondo. Il paradosso nasce dal fatto che, se si è seriamente preoccupati delle persone che sono attualmente povere, tale cruccio dovrebbe spingere verso un aumento dei consumi correnti e non degli investimenti volti a preservare il TK. Così, come sottolinea Solow (1991), la logica della sostenibilità potrebbe portar a credere che:

dovresti pensare ai poveri oggi, ma che pensare agli attualmente poveri sia svantaggioso da un punto di vista della sostenibilità stessa.

Da un punto di vista intellettuale, non ci sarebbero problemi a risolvere il paradosso eliminando la povertà umana prima di tutto. Da un punto di vista pratico, purtroppo, le difficoltà appaiono insormontabili, e nuove povertà ecologico-ambientali (scarsità di acqua potabile, desertificazione delle terre che distrugge l'economia rurale, cambiamenti climatici che costringono milioni di persone alla migrazione ecc.) allignano pericolosamente. Può questo rendere insostenibile la leggerezza della sostenibilità come concetto etico e politico?

5. MISURARE LA SOSTENIBILITÀ

La contabilità nazionale verde (*green national accounting*) è quel tipo di contabilità che tenta di includere i costi ambientali nel computo della ricchezza nazionale misurata tramite il PIL, o qualche suo derivato. Il suo scopo principale è illustrare come il valore del PIL possa essere sovradimensionato a causa di omissioni di fattori chiave, o della valutazione con segno positivo di elementi di valenza opposta. Essa accresce la base informativa su questioni ambientali disponibile per il disegno delle politiche pubbliche e viene spesso ritenuta una condizione necessaria, ma non sufficiente, per perseguire obiettivi di sostenibilità debole¹. Come ricordato, la MEW aprì la strada a numerosi indici di sostenibilità dello sviluppo che ambivano a integrare, o rimpiazzare, il PIL nelle statistiche ufficiali. In questa Sezione, ricorderemo i principali per notorietà e diffusione.

5.1 Il Prodotto Nazionale Netto

Weitzman (1976) argomenta come la giustificazione di base per computare il Prodotto Nazionale Netto, in lingua inglese *Net National Product* (NNP, da qui in poi), è che, in teoria, esso rappresenta un'approssimazione del valore attuale scontato

¹ Per una rassegna sulla tecniche operative della contabilità verde si rimanda a Schaltegger e Burritt (2017).

del consumo futuro. Utilizzando un modello di ottimizzazione dinamica, mostra come:

$$\mathcal{N}NP_t = rW_t \quad (3)$$

ovvero che, per ogni dato istante di tempo, il NNP è il rendimento ottenuto sulla ricchezza W , in ogni sua forma, senza ridurre la stessa e la sua capacità produttiva nel tempo².

Dasgupta e Heal (1979) e Solow (1986) estendono il modello di Weitzman, includendovi risorse naturali ed esauribili che generano reddito e/o si esauriscono nel tempo, e mostrano come il NNP sia concepibile come l'interesse sull'accumulazione di capitale in senso esteso, ovvero considerando la decumulazione dello stock di risorse esauribili.

Dasgupta e Maler (1994) determinano il NNP come segue:

$$\mathcal{N}NP = C + H + \mathcal{N} - ED \quad (4)$$

dove C indica il livello dei consumi (utilizzato come numerario), H il valore delle variazioni nette di capitale umano, \mathcal{N} il valore delle variazioni nette nello stock di capitale naturale e ED il valore dei danni ambientali correnti³. L'omissione di una posta indicante il deprezzamento del capitale naturale porta, tuttavia, ad una sistematica sovrastima del NNP.

Per tale ragione, Solow (1994) evidenzia come il valore dell'esaurimento del capitale naturale ed ecologico debba essere tolto dalla (3) per ottenere quello che denomina Prodotto Nazionale Netto Rivisitato (*revised NNP*) dato da:

$$R\mathcal{N}NP = \mathcal{N}NP - DNK - DEK \quad (5)$$

in cui DNK è il deprezzamento del capitale naturale e DEK quello del capitale ecologico. Solow specifica come il $R\mathcal{N}NP$ rappresenti, una volta considerato il valore del capitale naturale ed ecologico esaurito, una misura di reddito sostenibile che quantifica il massimo livello di consumi correnti sostenibili indefinitamente nel tempo.

² Per un'elegante riformulazione dei legami teorici tra crescita, ricchezza e sostenibilità dei consumi si veda Weitzman (2016).

³ Un ipotetico paese che consumasse solo le sue risorse esauribili avrebbe dunque un NNP pari a zero.

Daly (1996) puntualizza come il RNNP non consideri quelle spese necessarie per la protezione ambientale, il controllo dell'inquinamento, il ripristino della qualità ambientale che di fatto sono necessarie nella creazione di prodotto netto. Propone quindi il così detto Prodotto Nazionale Netto Socialmente Sostenibile (*Sustainable Social NNP*, SSNNP) determinato come segue:

$$SSNNP = NNP - DNK - EDE \quad (6)$$

in cui dal NNP viene sottratto il deprezzamento del capitale naturale e il valore delle spese ambientali difensive e di ripristino (*environmental defensive expenditure*) *EDE*. Si apprezzi come compaia l'aggettivo sostenibile, pur non essendo il NNP una misura di sostenibilità dello sviluppo.

5.2 Misurare lo sviluppo sostenibile

Lo sviluppo sostenibile, come abbiamo argomentato, è un concetto poliedrico e interdisciplinare che include molteplici dimensioni quella economica, quella sociale e quella ecologico-ambientale. Se il NNP, e i suoi derivati, quantificano il reddito sostenibile da destinarsi ai consumi, nella misurazione della sostenibilità non ci si dovrà riferire unicamente al reddito nazionale.

Daly e Cobb (1989) e Cobb e Cobb (1994) si propongono di costruire un indice che misuri il livello di qualità della vita e la sua sostenibilità. Il calcolo del loro indice di Benessere Economico Sostenibile (*Sustainable Economic Welfare*, SEW da qui in poi)⁴ avviene in tre passi:

- il consumo aggregato è determinato dai consumi privati aggiustati con riferimento al ciclo di vita dei beni durevoli, dai consumi pubblici e dalla stima del valore del lavoro non pagato (*unpaid work*);
- dal consumo aggregato si sottrae il valore totale delle spese difensive, quelle ambientali, sociali e di altro genere;
- per ottenere l'indice di SEW, il valore così ottenuto viene quindi moltiplicato per una misura di disuguaglianza nella distribuzione del reddito, ad esempio l'Indice di Gini.

⁴ Anche noto come *Genuine Progress Index* (GPI).

Il suo utilizzo pratico è stato limitato a causa dell'ampia mole di dati statistici necessari per il computo della misura e diversi problemi di stima di alcune sue poste, anche se alcune applicazioni ne hanno mostrato l'utilità⁵.

L'approccio a indicatori multipli suggerito e diffuso da UNDP/PCSD (1997) è assai più fruibile a fini pratici e di *policy making*. La batteria di indicatori di SD suggerita è divisa in indicatori economici e indicatori ecologico-ambientali, per un totale di 29 indicatori di sostenibilità, che vanno dal RNNP, alla quantità di riserve fossili certe, sino ai cambiamenti nella perdita di ozono a livello della stratosfera⁶.

Più recentemente, Costanza *et al.* (2016) formulano un indice capace di misurare la qualità della vita sostenibile sulla base dei MDGs. Il suggerito *Sustainable Wellbeing Index* (SWI) è definito come:

$$SWI = f(E, N, S) \quad (7)$$

in cui E è il contributo economico netto, misurato tramite l'ISEW; N indica il contributo del capitale naturale e dei servizi eco-sistemici ed S quello del capitale sociale, stimato tramite i risultati di censimenti sulle varie componenti della soddisfazione nella vita (come la *World Values Survey*)⁷.

Le proposte menzionate fronteggiano, tuttavia, un limite comune: non valutano l'equità distributiva delle allocazioni intertemporali delle risorse, uno dei pilastri dell'idea di SD. Valutare se il benessere delle generazioni future sarà minore di quello delle correnti richiede non solo di conoscere *ex-ante* il profilo intertemporale di allocazione delle risorse, ma anche di avere idea delle preferenze delle generazioni future (al fine di stimare quanto valore attribuire a diversi flussi o stock di risorse). Due cose assai complesse. È dunque possibile elaborare un criterio di sostenibilità che sia facilmente utilizzabile e valuti l'equità delle allocazioni intertemporali? Facendo alcune ipotesi eroiche, sì.

⁵ Si veda ad esempio Stockhammer *et al.* (1997) per i casi di Germania e Austria.

⁶ Per la lista completa ed il suo commento si rimanda a Rao (2000).

⁷ La forma matematica specifica dell'indice è:

$$SWI = SWI_{max} \left(\frac{E}{k_E + E} \right) \left(\frac{N}{k_N + N} \right) \left(\frac{S}{k_S + S} \right)$$

dove SWI_{max} è il valore massimo raggiungibile dall'indice e k_i $i = E, N, S$ sono costanti dette fattori limite. Per dettagli si veda Costanza *et al.* (2016).

Hartwick (1977), utilizzando tassi intertemporali di sconto costanti ed effettuando diverse altre assunzioni semplificatrici (nessuna variazione nel livello di progresso tecnologico e nelle preferenze, assenza di esternalità, tempo continuo ecc.), formula un teorema noto come Regola di Hartwick (*Hartwich Rule*, HR da qui in poi). Discorsivamente, la HR si può esprimere in questi termini:

la sostenibilità richiede un ammontare di investimenti pari al valore delle rendite sulle risorse dal momento attuale in poi.

La regola è stata ampiamente emendata e criticata. Asheim (1994) specifica, ad esempio, come essa sia solo condizione necessaria, ma non sufficiente, per la sostenibilità, mostrando come un sistema economico nel quale gli investimenti correnti eccedano il valore delle rendite sulle risorse, ma queste siano stimate utilizzando prezzi ombra errati a causa di preferenze ricorsive mal valutate⁸, non sia necessariamente capace di sostenere i suoi livelli di consumo nel tempo. Lozada (1995) si propone di modificare la HR utilizzando tassi di sconto non costanti. La regola che ottiene non differisce molto dalla originale, suggerendo di investire il valore del deprezzamento del TK al fine di mantenere costante il reddito nel tempo. Alla stessa conclusione giungono, anche se per vie differenti, Atkinson e Pearce (1993) secondo i quali la sostenibilità richiede tassi di risparmio maggiori del tasso di deprezzamento del TK dell'economia.

Appare in ogni caso cruciale, la stima del valore del capitale naturale ed ecologico e del suo deprezzamento nel tempo dovuto ad esaurimento, danneggiamento od eccessivo utilizzo. Occorre, in altre parole, conoscere il valore delle risorse e dei servizi ambientali: dare un valore alla natura.

⁸ Le preferenze ricorsive si focalizzano sul *trade-off* tra utilità corrente e utilità ottenuta nei periodi futuri di tempo. Per approfondimenti si rimanda a Backus *et al.* (2005).

6. IL VALORE DELLA NATURA

La valutazione economica del capitale naturale, delle risorse naturali e dei servizi ecologico-ambientali rimane una faccenda complessa e spesso risolta in maniera approssimativa. Alcune risorse naturali sappiamo che sono scarse, ma non conosciamo sino a che punto; altri beni e servizi ambientali sono indivisibili e a libero accesso, altri ancora sono vere e proprie infrastrutture essenziali per la vita sul pianeta. Per di più, nel gergo dell'economia, alcune risorse naturali sono di fatto beni privati appropriabili e rivali, altre si configurano come beni comuni (*common pool resources*), altri ancora come veri e propri beni pubblici globali (*global public goods*) indivisibili, non rivali e non escludibili. Questo vale per tre tipologie di risorse ambientali:

- le *risorse naturali rinnovabili*, come acqua e aria, che se utilizzate correttamente si rigenerano nel tempo tramite cicli biologici naturali di breve periodo;
- le *risorse naturali non rinnovabili* o esauribili, come i combustibili fossili, che non si rigenerano autonomamente, e possono esaurirsi con l'utilizzo;
- i *servizi eco-sistemici* per la vita, come lo strato di ozono, che assumono le caratteristiche di infrastrutture essenziali.

Avremo dunque un insieme composito formato da beni ambientali privati rinnovabili e non, risorse rinnovabili a proprietà condivisa e beni e servizi pubblici non rinnovabili ed universali.

6.1 Beni privati e valore d'uso

Laddove i bene ambientali possiedano le caratteristiche di merci (*commodities*), e siano dunque escludibili e rivali al consumo, l'approccio utilitarista offre tecniche consolidate per la valutazione del loro valore d'uso (*use value*) diretto e indiretto¹.

Il valore d'uso diretto è collegato a prodotti o servizi che vengono consumati direttamente dall'individuo, come cibo, acqua o legname; contrariamente, il valore d'uso indiretto è connesso a vantaggi pratici di cui il soggetto beneficia involontariamente grazie alla risorsa naturale (ad esempio, i bacini idrografici o i processi naturali di riassorbimento del carbonio). Il valore d'uso è un valore strumentale, individuale e, spesso, quantificabile utilizzando la teoria della domanda e il concetto di disponibilità a pagare/prezzo di riserva (*willingness to pay*, WTP da qui in poi). La WTP è la massima spesa che il consumatore sarebbe disposto a pagare per il bene e, nell'economia neoclassica, la differenza tra questa e il prezzo di scambio è una basilare misura di benessere del consumatore (*surplus*). Più intense sono le preferenze individuali per il bene, e maggiore il valore strumentale conferito ad esso dal consumatore, più elevata sarà la sua WTP. Il punto cruciale è quindi quello della valutazione delle preferenze individuali e della stima del prezzo di riserva dei consumatori per i beni naturali privati. A tal fine, due sono le strade percorribili: metodi basati sulle preferenze rivelate e metodi fondati sulle preferenze espresse².

6.1.1 Preferenze rivelate e domanda marshalliana

La domanda marshalliana individuale di beni si ottiene supponendo che il reddito individuale sia costante e varino i prezzi ed i livelli di utilità³. Variazioni nelle carat-

¹ Un'ulteriore distinzione all'interno dei valori di uso è data dalla differenziazione fra i valori d'uso depauperanti (*consumptive use*) e quelli non depauperanti (*nonconsumptive use*). I primi implicano che vengano consumate unità della risorsa che non saranno perciò più disponibili per altri consumatori (rivalità nel consumo fra gli individui). I secondi sono relativi all'uso della risorsa senza che ciò implichi la non disponibilità per altri.

² Per approfondimenti sui concetti microeconomici utilizzati si rinvia a Varian (2010).

³ Se indichiamo con $\mathbf{x}(p_1, \dots, p_n; m)$ la domanda marshalliana per n beni, x_1, \dots, x_n , dati i loro prezzi e il reddito m , è vero che:

$$\mathbf{x}(p_1, \dots, p_n; m) = \operatorname{argmax}_{\mathbf{x}} \left[u(x_1, \dots, x_n) - \lambda \left(\sum_i p_i x_i - m \right) \right].$$

teristiche dei beni consumati modificano i prezzi di riserva e le conseguenti scelte di consumo dei singoli al fine di ottenere massima utilità dal reddito spendibile. È pertanto possibile mettere in relazione le variazioni del prezzo di un bene con il variare delle sue caratteristiche fondamentali, isolando, con tecniche di regressione multivariata, il contributo che ogni singolo attributo fornisce al prezzo finale osservato. Così facendo, si calcola il prezzo edonico (*hedonic price*) di ogni attributo, ovvero il suo valore in termini di preferenze rivelate dalle scelte⁴. Il prezzo edonico determina così la WTP per una determinata caratteristica del bene⁵. Ad esempio, se si vuole determinare il prezzo edonico dell'assenza di inquinamento atmosferico è possibile esaminare i prezzi delle abitazioni e la relazione esistente tra questi e la presenza di inquinamento: la riduzione di prezzo osservata nel caso di degrado atmosferico, offrirà un'utile misura del valore attribuito alla qualità dell'aria.

6.1.2 *Preferenze espresse e domanda hicksiana*

La domanda hicksiana individuale di beni è ottenuta variando prezzi e reddito al fine di mantenere l'utilità costante⁶. Il reddito muta al fine di compensare, in termini di utilità, le variazioni dei prezzi e, in tal senso, nella domanda hicksiana si neutralizza il contributo dato dall'effetto reddito alle scelte di consumo. Possiamo, pertanto, indagare, tramite tecniche econometriche, che legame vi sia tra utilità al consumo e WTP.

Tramite l'utilizzo di questionari e di esperimenti economici, si chiede agli individui di esprimere l'ammontare di denaro che essi sarebbero disposti a spendere per mantenere, o migliorare, alcuni fattori connessi al consumo del bene e forieri di utilità⁷. Se si vuole determinare il valore di un bene ambientale, ad esempio

⁴ Formalmente, se p è il prezzo del bene e $\mathbf{c} = (c_1, \dots, c_j)$ un vettore di caratteristiche rilevanti

$$p = f(\mathbf{c})$$

ed il prezzo edonico della caratteristica j -esima è:

$$\varphi_j = (\partial p) / (\partial c_j)$$

Sull'approccio delle caratteristiche e i prezzi edonici il riferimento classico è Lancaster (1966).

⁵ Per questo le tecniche di stima così orientate sono dette di valutazione edonica.

⁶ Se indichiamo con $\mathbf{h}(p_1, \dots, p_n; u_0)$ la domanda hicksiana per n beni, h_1, \dots, h_n , dati i loro prezzi ed un livello costante di utilità u_0 , è vero che:

$$\mathbf{h}(p_1, \dots, p_n; u_0) = \underset{\mathbf{h}}{\operatorname{argmin}} \left[\sum_i p_i h_i - \lambda (u(h_1, \dots, h_n) - u_0) \right].$$

⁷ Le tecniche di stima così orientate sono dette di valutazione contingente.

di un laghetto contiguo ad alcune case, si può chiedere agli abitanti della zona di esprimere le loro preferenze per la conservazione del lago in termini di WTP e determinare la disponibilità media a pagare per essa. Oppure, se si vuole valutare il valore della qualità dell'acqua si può stimare la WTP media per differenti scenari qualitativi e ricavare così la domanda compensata di acqua pulita e potabile. Una volta ottenuta questa, il surplus del consumatore misurerà direttamente il valore strumentale che esso conferisce alla qualità dell'acqua.

I limiti dei metodi di valutazione contingente delle preferenze espresse sono tuttavia numerosi. In primo luogo, poiché le informazioni cruciali per la stima del valore sono richieste agli stessi fruitori del bene, è probabile che questi rivelino una WTP minore di quella effettiva (*effetto Hawthorne*). In seconda istanza, potrebbero emergere rilevanti differenze quantitative tra la rilevazione della disponibilità a pagare per un bene ambientale e quella relativa alla disponibilità ad accettare denaro in cambio di una rinuncia ad esso, idiosincrasie capaci di mettere in dubbio la veridicità della stima (*effetti di framing*). Terzo, la valutazione in termini di WTP espressa per un singolo bene ambientale potrebbe differire se esaminato singolarmente o all'interno di un gruppo ampio di beni naturali. Infine, le preferenze individuali potrebbero rivelarsi adattive, tanto da far ritenere accettabile la non conservazione di beni ambientali rivelando una bassa WTP per essi, se si è sempre vissuti in zone inquinate e degradate. Nonostante ciò, i suddetti metodi di valutazione sono i più utilizzati per conferire valore alla natura.

6.1.3 Altri metodi di valutazione

Nel caso in cui non si abbiano informazioni sulla domanda individuale, e dunque non si possano utilizzare nella stima del valore d'uso WTP e surplus dei consumatori, le tecniche di stima del valore strumentale si orientano verso i costi. Menzioniamo alcune di queste:

- **METODO DEL COSTO DI SOSTITUZIONE:** si considera il costo di sostituzione, o di ripristino, di un bene danneggiato e si utilizza questo come misura del beneficio atteso della conservazione; una situazione nella quale tale metodo è valido è quella in cui esiste un “vincolo di sostenibilità” che impedisce la riduzione della qualità ambientale (come nel caso della Convenzione Ramsar per le zone umide (*wet lands*) e il loro ripristino).
- **METODO DEL COMPORTAMENTO RIDUTTIVO:** la spesa destinata alla prevenzione di eventuali danni o problemi ambientali viene considerata una buona

approssimazione del valore attribuito al loro non verificarsi (ad esempio, per difendersi dal rumore gli abitanti di una casa possono isolarla con pannelli acustici; la spesa che essi sono disposti a sostenere quantifica, indirettamente, il beneficio derivante dall'assenza di inquinamento acustico);

- **METODO DEL COSTO OPPORTUNITÀ:** in questo caso, non si stimano i benefici ambientali, bensì quelli associati all'attività che provoca degrado ambientale (ad esempio, la monocoltura intensiva di eucalipto) al fine di stabilire i costi opportunità del non degrado. Laddove questi non siano ingenti, il valore della qualità ambientale sarà elevato.

6.2 Valori di non uso e valore economico totale

I valori di non uso di un bene ambientale si riferiscono a valori non strumentali, ovvero non connessi con l'utilizzo effettivo e corrente della risorsa. Piuttosto, essi sono connessi alla sua conservazione, alla sua esistenza e alla sua importanza intrinseca. Tali valori sono il riflesso del livello di preoccupazione, attenzione e rispetto per il benessere delle specie non umane, e della Terra, e saranno crescenti al crescere della sensibilità ambientale di un dato contesto socio-culturale. Ad esempio, il Monte Everest, come perla del pianeta, può avere un valore intrinseco anche se non lo si scalerà mai, e un valore di esistenza per tutti coloro che amano arrampicarsi sulla roccia, anche se non si sarà mai tra questi.

I valori di non uso sono solitamente classificati in:

- **VALORE D'OPZIONE** (*option value*, OV): il concetto di valore d'opzione, utilizzato in finanza quantitativa e qui applicato ai beni ambientali, è forse la forma più complessa di valore di non uso. Da un lato, questo è in parte connesso al valore dell'utilizzo futuro certo della risorsa, spesso quantificato dal valore attuale atteso del surplus futuro ottenibile dal bene (valore d'opzione connesso all'uso). Dall'altro lato, il valore d'opzione connesso al non uso è interpretabile come il premio che si è disposti a pagare, in condizioni di incertezza, per non correre il rischio di non poter più utilizzare il bene in futuro. Il valore d'opzione totale sarà la somma dei due;
- **VALORE DI ESISTENZA** (*existence value*, EV): anche tale valore di non uso è determinato da due componenti: il valore intrinseco della risorsa in termini di qualità della vita, ricreazione ed emozioni legate alla contemplazione

dell'esistenza dello stesso, e il valore derivante dalla soddisfazione connessa all'utilizzo altrui del bene. La disponibilità a pagare per l'uso corrente altrui è chiaramente dipendente dal livello di altruismo intragenerazionale di un dato contesto socio-culturale;

- VALORE DI LASCITO (*bequest value*, BV): il valore di lascito è determinato da quanto si è disposti a pagare per la conservazione e la preservazione di un bene ambientale per le generazioni future, indipendentemente dal suo utilizzo da parte delle generazioni correnti. Esso ha a che fare con l'altruismo intergenerazionale e con il riconoscimento di preferenze future per la varietà.

Tradizionalmente, il valore economico totale (*total economic value*, TEV da qui in poi) di un bene ambientale è definito come la somma del valore d'uso (*use value*, UV) e dei valori di non uso⁸:

$$TEV = UV + OV + EV + BV \quad (8)$$

Il problema di base riguardante la validità dei metodi di valutazione contingente è se i valori ottenuti con tali tecniche, rappresentino effettivamente, o meno, quanto si voleva valutare e le effettive preferenze individuali riguardanti l'argomento della valutazione. Tale dubbio diventa di primaria importanza soprattutto nel caso della stima di valori di non uso per i quali l'individuo potrebbe avere grandi difficoltà ad esprimere chiaramente le proprie preferenze e disponibilità a pagare. Diversi autori hanno posto poi in evidenza come i valori di non uso possano essere stimati o integralmente (*one shot valuation*) o per tappe successive (*sequential piecewise evaluation*), ossia stimando singolarmente ognuna delle sue componenti e successivamente sommandole. In questo secondo caso, da più parti si rileva come la stima indipendente delle singole componenti, e la loro successiva somma, possa portare ad una sopravvalutazione del TEV⁹.

⁸ Si vedano Krutilla (1967), Arrow e Fisher (1974) e Randall (1992).

⁹ Loomis ha suggerito una forma generale della funzione individuale di utilità, separabile e additiva, che tenga conto del TEV (Loomis 1988):

$$U_i = F(f_1(x_p, q_i) + f_2(Q_p, (q_{-p}, Q_{-i})))$$

dove x_i è il vettore dei consumi in beni privati; q_i il vettore dei consumi di risorsa naturale; q_{-i} la conoscenza che altri utenti (-i) possono usare la risorsa naturale; Q_i il livello di soddisfazione personale derivante dal conoscere che la risorsa esiste e Q_{-i} il livello di soddisfazione derivante dal sapere che altri in futuro potranno usare la risorsa.

6.3 Beni pubblici globali e valore primario

Nonostante le incertezze e i problemi menzionati, la determinazione del TEV di un bene ambientale privato è cosa semplice e abbordabile rispetto al problema di dare un valore a quei servizi eco-sistemici, essenziali per la vita, che si configurano come beni pubblici globali¹⁰. In ambito ecologico-ambientale, i principali tra questi sono: lo scudo di ozono, la stabilità climatica, l'effetto serra naturale e i principali cicli biofisici del pianeta. In qualità di infrastrutture ecologiche essenziali, universali, indivisibili e transfrontaliere, i beni pubblici globali presentano non poche problematicità sia in termini di valutazione economica, sia in termini di gestione.

In primo luogo, la biosfera possiede per tutti un valore primario (*primary value*) e intrinseco, in quanto un ecosistema aggregato salubre rappresenta una condizione necessaria per la vita sul pianeta, prima che l'intera gamma dei valori d'uso delle risorse naturali possa essere goduta dagli esseri viventi. Da questa prospettiva, i valori d'uso e di non uso sono valori secondari.

Secondariamente, i beni pubblici globali sono ad accesso libero e aperto, su base universale (ovvero per tutte le popolazioni e nazioni del pianeta) e senza alcuna possibilità di monitoraggio del loro uso. Assai di sovente, quindi, gestirli significa limitare i corrispondenti "mali pubblici globali" come il cambiamento climatico, l'esaurimento dell'ozono nella stratosfera e l'eccessiva accumulazione atmosferica di GHG.

In terza istanza, la mancanza di una autorità pubblica competente per la loro gestione e tutela, come avviene per i beni pubblici nazionali tramite gli Stati, rimanda il problema della gestione dei beni pubblici globali a complessi meccanismi di *governance* multilaterale, basati su protocolli e accordi, difficili da implementare e ardui da rispettare (si pensi al protocollo di Kyoto).

Infine, i costi opportunità della loro conservazione sono sempre inferiori ai costi sociali ed economici connessi alla loro devastazione, anche se questi ultimi sono ampiamente differiti nel tempo e probabilmente saranno pagati dai membri di generazioni appartenenti a un futuro lontano.

Secondo il PP, la conservazione e la tutela dei beni pubblici globali dovrebbe essere una priorità assoluta rispetto a ogni altro obiettivo politico, come dimo-

¹⁰ Per approfondimenti su questi si rimanda a Kaul (2016).

strebbere i costi sociali di un innalzamento di 6 gradi centigradi della temperatura media globale. Eppure, su questo punto, scelte miopi da parte di alcuni, e incentivi a comportarsi da *free-rider* per altri, hanno portato molte nazioni alla compiaciuta inazione.

7. ECONOMIA DELLE RISORSE NATURALI

L'economia delle risorse naturali si occupa dell'utilizzo e gestione ottimale delle risorse ambientali che non sono beni pubblici globali. Essa è, solitamente, ripartita in una branca dedicata alle risorse esauribili e in un'equivalente parte focalizzata sulle risorse rinnovabili. Inizieremo, pertanto, questa Sezione con alcune distinzioni e definizioni.

Sia X_t la quantità (*stock*) di un bene ambientale al tempo t e ΔX_t la sua variazione tra t e $t + 1$. Tale cambiamento nello stock è determinato da flussi in entrata della risorsa, connessi ai cicli naturali di rigenerazione della stessa, e flussi in uscita, determinati dal consumo biologico naturale della risorsa e dal suo sfruttamento per attività umane. Siano dunque δ il tasso di rigenerazione naturale, θ il tasso di deprezzamento naturale e γ il tasso di sfruttamento antropico del bene (espressi in termini percentuali). In questo caso, lineare e additivo, possiamo scrivere l'equazione di accumulazione/decumulazione della risorsa naturale in modo semplice come:

$$X_{t+1} = X_t + \delta X_t - \theta X_t - \gamma X_t \quad (9)$$

da cui otteniamo il tasso di crescita/decrecita dello stock disponibile, dato da:

$$\frac{\Delta X_t}{X_t} = (\delta - \gamma) - \theta \quad (10)$$

Una risorsa naturale è detta *non-rinnovabile* se $\delta = 0$. Una risorsa non-rinnovabile è *esauribile* laddove θ e γ siano positivi e di entità importante rispetto al volume dello

stock e all'orizzonte temporale di vita della risorsa (come nel caso dei combustibili fossili). Se, in opposto, la risorsa non rinnovabile è virtualmente inesauribile all'interno di una scala temporale antropica (di solito entro i sette secoli), θ e γ sono trascurabili, e questa è detta *perpetua* (ad esempio, l'energia solare).

Per le risorse esauribili è quindi vero che:

$$\frac{\Delta X_t}{X_t} = -(\gamma + \theta) < 0 \quad (11)$$

ovvero, l'utilizzo della risorsa, e il suo naturale depauperarsi, non possono che portare a riduzioni nello stock della stessa.

Un risorsa naturale è detta *rinnovabile* se $\delta > 0$. In tal caso è vero che:

$$\frac{\Delta X_t}{X_t} \begin{matrix} \geq \\ \leq \end{matrix} 0 \Leftrightarrow \delta \begin{matrix} \geq \\ \leq \end{matrix} \gamma + \theta \quad (12)$$

Per risorse rinnovabili possiamo dunque definire una condizione di sostenibilità (*sustainability condition*) sancita dalla non-diminuzione dello stock nel tempo ($\frac{\Delta X_t}{X_t} = 0$) e data da:

$$\delta = \gamma + \theta \quad (13)$$

Si noti come, laddove il tasso di sfruttamento del bene sia esageratamente elevato rispetto al tasso di rigenerazione naturale, lo stock possa azzerarsi. In questo caso, la risorsa è detta *estinta*.

Il problema economico posto da risorse naturali rinnovabili ed esauribili è, conseguentemente, diverso. Da un lato, la gestione ottimale delle risorse esauribili implica valutare se sia il caso, o meno, di sfruttare la risorsa prelevandone unità dallo stock e, in caso affermativo, stabilire la quantità ottimale di prelievi da implementare. Dall'altro, l'utilizzo ottimale di una risorsa rinnovabile implica massimizzare i benefici connessi al suo uso nel rispetto della condizione di sostenibilità. Analizzeremo, pertanto, i due casi separatamente.

7.1 Economia delle risorse esauribili

Il *trade-off* tra sfruttamento e preservazione è al centro dell'analisi economica dell'uso delle risorse esauribili (ad esempio, il carbone). Uno dei primi e più significativi contributi metodologici sul tema, e della stessa economia ambientale,

venne presentato da Harold Hotelling nel contesto dell'estrazione dei risorse minerarie.

Hotelling (1931) immagina che vi siano m imprese *price-taker* che operano nel mercato per T periodi in condizioni di certezza e sostenendo lo stesso costo marginale di estrazione della risorsa. Tali imprese potranno vendere nel tempo le unità estratte allo stesso prezzo, P_t , da intendersi come prezzo al netto dei costi marginali. Il problema dell'impresa j -esima sarà quello di decidere l'ammontare di risorsa X_{jt} da estrarre e vendere in ogni istante di tempo allo scopo di massimizzare il profitto intertemporale.

Il profitto corrente di ciascuna impresa è dato da:

$$\Pi_{jt} = P_t X_{jt} \quad (14)$$

e, in presenza di un vincolo di risorse dato dalla quantità fissa disponibile del bene \bar{S} , il problema decisionale per ciascuna delle m imprese perfettamente concorrenziali è massimizzare il valore attuale scontato dei profitti. Questo è formulabile come segue:

$$\max \int_0^T \Pi_{jt} e^{-it} dt \quad (15)$$

sotto il vincolo

$$\int_0^T \left(\sum_{j=1}^m X_{jt} \right) dt = \bar{S} \quad (16)$$

in cui e^{-it} rappresenta lo sconto intertemporale. Le condizioni di prim'ordine impongono che il profitto marginale scontato sia costante in ogni istante temporale. Se così non fosse, l'impresa avrebbe interesse ad estrarre di più nei periodi in cui il profitto marginale è maggiore e viceversa. Si determina così il sentiero di estrazione ottimale (*profit-maximizing extraction path*).

La menzionata condizione corrisponde alla seguente espressione:

$$\Pi'_{jt} e^{-it} = \frac{\partial \Pi_{jt}}{\partial X_{jt}} e^{-it} = \frac{\partial P_t X_{jt}}{\partial X_{jt}} e^{-it} = P_t e^{-it} = cost. \quad (17)$$

In altri termini, il profitto marginale è dato dal prezzo e tale profitto marginale attualizzato, in qualsiasi istante venga calcolato, deve assumere sempre lo stesso va-

lore, perciò sarà identico al prezzo dell'istante iniziale P_0 . Quindi, posto $P_0 = cost.$, dalla (17) otteniamo:

$$P_t e^{-it} = P_0 \quad (18)$$

$$P_t = P_0 e^{it} \quad (19)$$

Derivando rispetto al tempo la (19) si ottiene che:

$$\frac{dP_t}{dt} = \dot{P} = iP_0 e^{it} \quad (20)$$

sostituendo l'espressione (18) nella (20):

$$\frac{\dot{P}}{P_t} = i \quad (21)$$

L'espressione (21) è la famosa Regola di Hotelling (*Hotelling Rule*) esprimibile, in termini intuitivi, come:

in un contesto di certezza e concorrenza perfetta, la risorsa esauribile deve essere sfruttata in modo tale che il tasso di crescita del prezzo delle risorse estratte sia pari al tasso di interesse.

Il lato sinistro della (21) rappresenta la crescita di valore dello stock della risorsa nel tempo, mentre il lato destro, ovvero il tasso di interesse, la remunerazione ottenibile tramite l'investimento dei proventi dell'estrazione in un *asset* alternativo (ad esempio un titolo di credito). Laddove il primo sia maggiore del secondo, la scelta ottimale, in termini di profitto scontato, sarà la non estrazione, mentre sarà vero il contrario nel caso opposto.

Aumenti della domanda del bene aumentano i prezzi, poiché altrimenti si avrebbero livelli di estrazione troppo elevati date le richieste dei consumatori, e tali incrementi riducono la domanda stessa spingendo verso la razionalizzazione nell'utilizzo della risorsa. Similmente, la scoperta di nuovi giacimenti che incrementi lo stock disponibile riduce i prezzi, sostiene la domanda e spinge verso maggior estrazione.

Il criterio di Hotelling è chiaramente una regola di base, data l'enorme quantità di assunzioni che lo accompagnano. Vediamo di rimuoverne un paio.

Primo, in condizioni di incertezza sulla fruibilità futura della risorsa esauribile, il tasso atteso di rendimento su questa differirà dal tasso atteso di rendimento

su *asset* alternativi del valore del premio per il rischio σ (ovvero, il rendimento in eccesso, per compensare il rischio specifico, rispetto a quello garantito su un investimento certo). In tal caso, come mostrano Malliaris *et al.* (1991), la regola di Hotelling deve essere riscritta come segue:

$$\frac{\dot{P}}{P_t} = i + \sigma \quad (22)$$

Come è chiaro dalla (22), al crescere del premio per il rischio, la non estrazione della risorsa sarà più difficile da sostenersi e viceversa.

Secondo, immaginiamo che non vi siano solo i costi marginali di estrazione (C'_{et}), ma anche i costi marginali d'uso del bene (C'_u) per ogni istante di tempo. Questi ultimi riflettono i costi opportunità dell'estrazione corrente rispetto a quella futura, e i costi sociali per danni ambientali connessi, potendosi considerare quindi una sorta di "perdita" futura. Come argomentano Anders *et al.* (1980), all'aumentare dei costi d'uso l'effetto negativo del prelievo corrente della risorsa sui profitti futuri si fa più intenso e ciò riduce il livello di estrazione (Y') al di sotto di quello osservabile ignorando tali costi ($Y(t)$) (vedi Fig. 6).

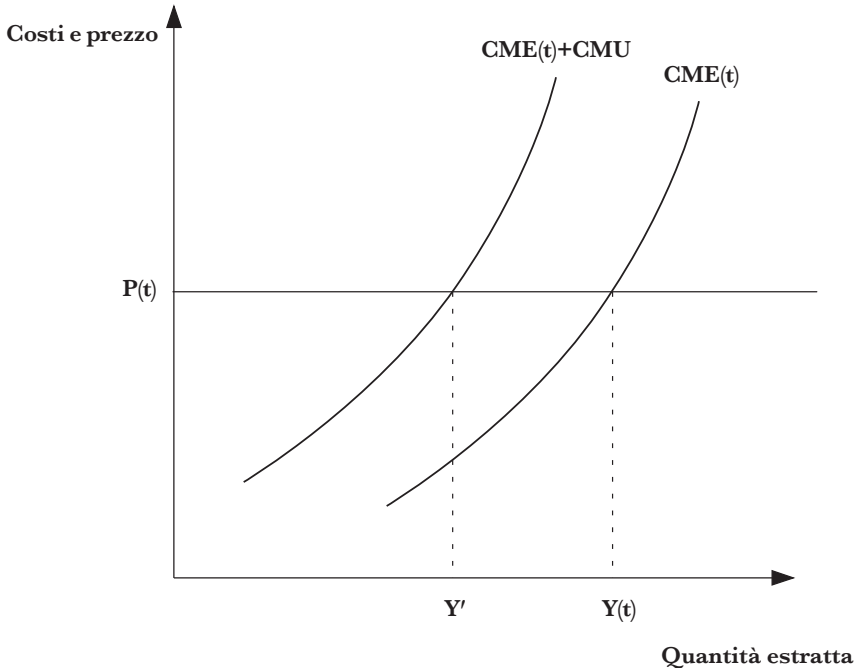


Fig. 6. Costi d'uso e decisioni di estrazione (Anders *et al.*, 1980).

Esiste pertanto un problema di orizzonte temporale e di impazienza intertemporale. Al diminuire del primo, e all'aumentare della seconda, i livelli di estrazione della risorsa esauribile cresceranno, aumentando la possibilità di esaurimento della stessa.

7.2 Economia delle risorse rinnovabili

Il problemi economici legati all'utilizzo e alla gestione delle risorse rinnovabili, quali risorse idriche, forestali, ittiche o faunistiche, dipendono strettamente dai regimi proprietari e dalle condizioni di accesso ad esse. In alcuni casi, tali beni ambientali sono beni privati ed escludibili come qualunque altra merce; in altri, sono risorse a libero accesso i cui diritti di proprietà sono indefiniti e condivisi (*common pool resources*).

7.2.1 Proprietà privata, profitto e utilizzo ottimale

Si consideri una risorsa rinnovabile (ad esempio una risorsa animale) X per la quale i diritti di proprietà sono ascritti precisamente a un soggetto orientato alla massimizzazione del profitto. Seguendo Schaefer (1954), supponiamo che la variazione dello stock della risorsa nel tempo segua un andamento logistico del tipo:

$$X_t = \frac{b}{1 + ce^{-at}} \quad (23)$$

La (23) risponde all'ipotesi, comune di biologia, che lo stock vari in modo più che proporzionale quando la dotazione è scarsa (flusso crescente), mentre vari in modo meno che proporzionale dopo aver raggiunto un livello soglia (Fig. 7).

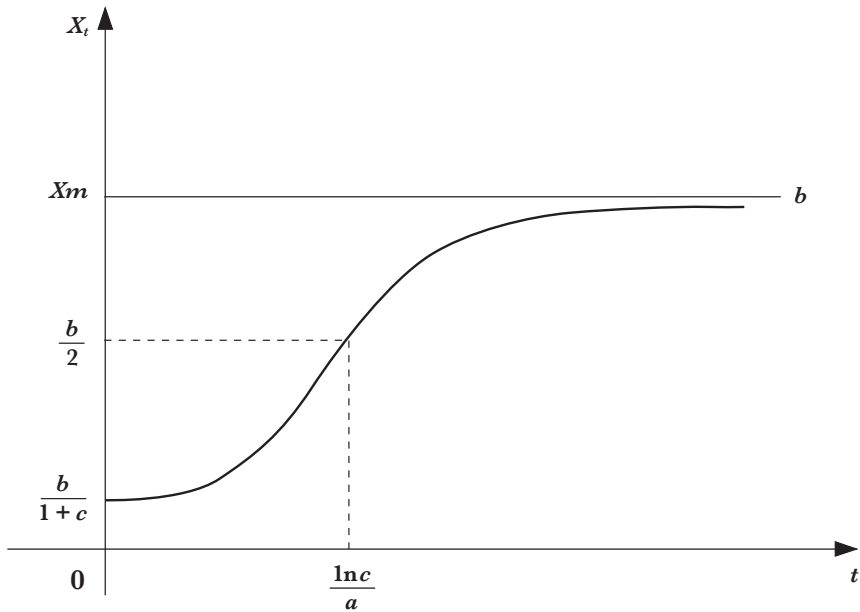


Fig. 7. Evoluzione temporale dello stock di risorsa rinnovabile.

Lo stock $X_m = b$, a cui la (23) tende asintoticamente, è detto equilibrio biologico naturale (*biologically-natural equilibrium*), ovvero il valore dello stock laddove il tasso di sfruttamento antropico della risorsa sia nullo. Accettando l'ipotesi logistica, ed immaginando tempo continuo, derivando rispetto al tempo la (23) otteniamo:

$$\dot{X} = F(X) = aX - \frac{a}{b}X^2 \quad (24)$$

detta funzione di rigenerazione biologica (vedi Fig. 8).

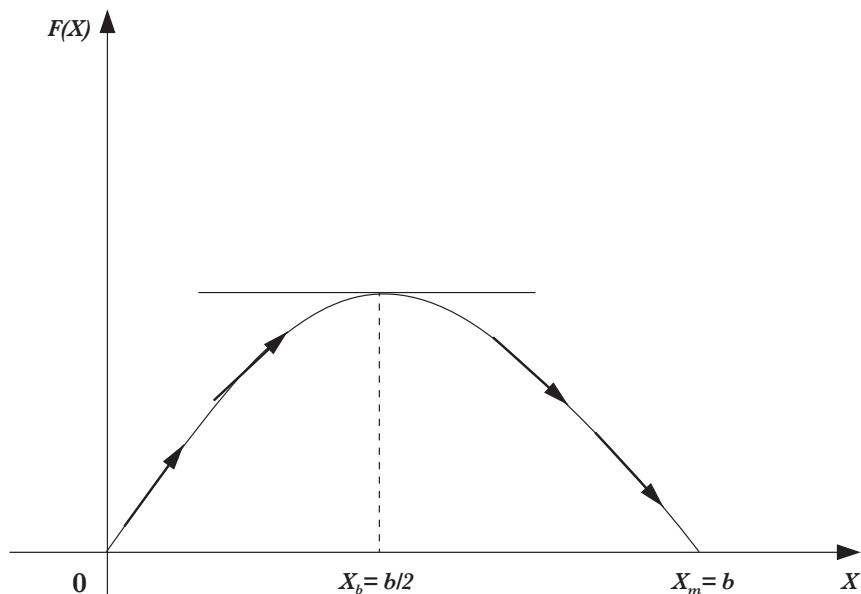


Fig. 8. Funzione di rigenerazione biologica.

Se il tasso di sfruttamento è nullo, ponendo uguale a zero la (24) si ottiene lo stock di equilibrio biologico della risorsa, mentre, individuando il massimo della medesima espressione, si giunge allo stock di risorsa che induce il massimo tasso di crescita della stessa ($X_b = \frac{b}{2}$).

Se il tasso di sfruttamento non è pari a zero, la (24) diventa:

$$\dot{X} = aX - \frac{a}{b}X^2 - \gamma \quad (25)$$

dove γ è il flusso di raccolta della risorsa da parte dell'uomo. In quest'ultimo scenario, annullando la (25), si immagina che, nonostante l'utilizzo antropico del bene, lo stock di questo non si decumuli, ovvero:

$$aX - \frac{a}{b}X^2 - \gamma = 0 \quad (26)$$

da cui:

$$X_{1,2} = \frac{b}{2} \pm \left(\frac{b}{2}\right) \left(1 - \frac{4\gamma}{ab}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (27)$$

questi due livelli saranno, entrambi, equilibri compatibili con una condizione di sostenibilità. Tuttavia, come illustrato in Figura 9, se $X < X_1$ lo stock si decima, e ci si muove progressivamente verso l'estinzione; laddove $X > X_2$ si tende verso l'equilibrio biologico-naturale nonostante i flussi di raccolta della risorsa.

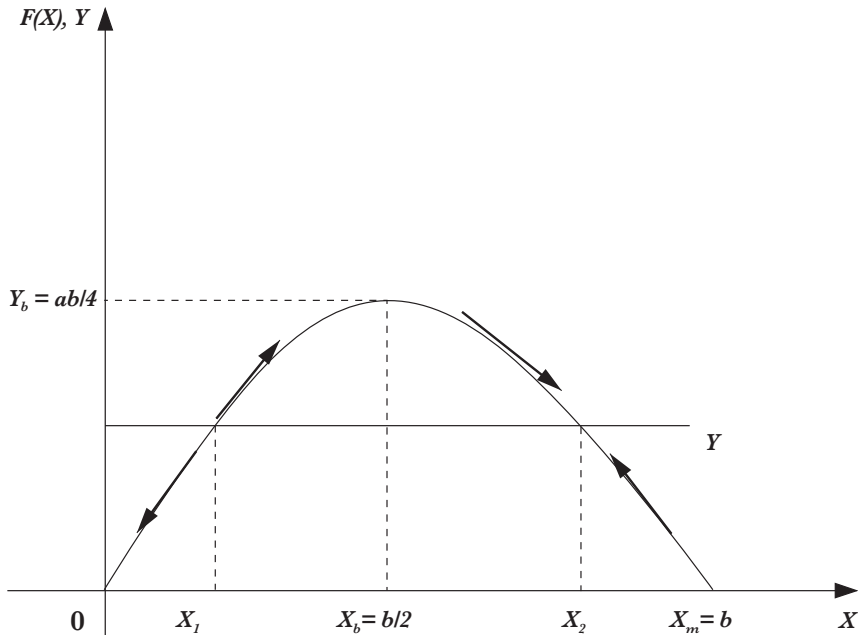


Fig. 9. Equilibri sostenibili per una risorsa rinnovabile.

Quale sarà tuttavia il livello di stock della risorsa che massimizza i profitti? Il conseguente livello di prelievo porterà verso l'estinzione, verso lo sfruttamento sostenibile o verso l'equilibrio biologico-naturale?

Per rispondere alle questioni appena menzionate dobbiamo introdurre una relazione tra sfruttamento della risorsa e l'insieme delle risorse destinate a tal fine dall'uomo in termini di lavoro, tempo e capitale: in breve, lo sforzo produttivo E . La via più semplice per fare ciò è immaginare una relazione lineare del tipo:

$$Y = EX \tag{28}$$

da cui si ottiene che

$$X = \frac{Y}{E} \quad (29)$$

Tramite la sostituzione della (29) nella (26), abbiamo che:

$$r = bE - \frac{b}{a}E^2 \quad (30)$$

funzione che ricalca la (26) con riferimento alla relazione tra sforzo e sfruttamento (vedi Fig. 10).

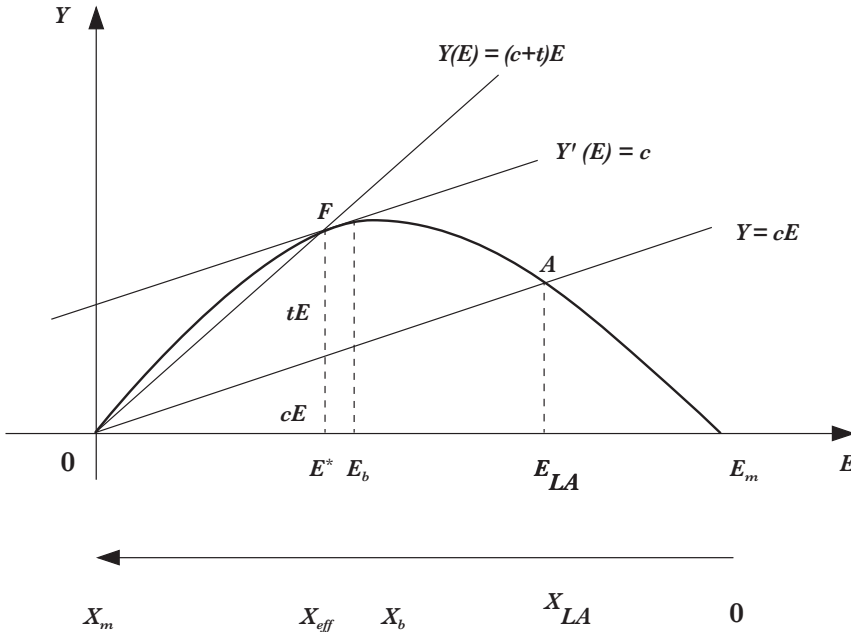


Fig. 10. Scelta ottimale e sforzo.

Nel caso di concorrenza perfetta, e normalizzando rispetto al prezzo costante, $Y(E)$ rappresenta il rendimento ottenuto dallo sfruttamento della risorsa. Se assumiamo costi marginali costanti di prelievo della stessa (c), possiamo scrivere il profitto del proprietario privato del bene ambientale come:

$$\Pi_j = Y(E) - cE \quad (31)$$

La massimizzazione della (31) implica che lo sforzo ottimale (punto F nella Fig.10) sia:

$$E^* \mid Y'(E) = c \quad (32)$$

con

$$X_1 < X(E^*) < X_b \quad (33)$$

In termini intuitivi, al fine di massimizzare il profitto, chi detiene i diritti di proprietà privata sulla risorsa ha incentivo a ridurre i livelli di sfruttamento al di sotto di quelli massimi, mantenendo un tasso di rigenerazione inferiore a quello di crescita massima dello stock ($F(X(E^*)) < F(X_b)$) e un livello di questo compreso tra lo stock di massima espansione e la soglia inferiore di sostenibilità (X_1). Lo stock disponibile della risorsa rinnovabile sarà lontano dal suo equilibrio biologico-naturale, tuttavia la razionalizzazione dei flussi di raccolta, al fine di generare scarsità relativa del bene e massimizzare i profitti, garantirà la sopravvivenza della specie e scongiurerà la minaccia di estinzione della stessa.

Il suindicato effetto bene-privato scompare nel caso in cui la risorsa rinnovabile sia a proprietà condivisa e libero accesso da parte di un gruppo finito di utilizzatori, rispetto ai quali non sia possibile definire precisi diritti individuali di proprietà privata. Tale possibilità rimanda ad una famosa “tragedia” delle scienze economiche: la tragedia dei beni comuni.

7.2.2 La tragedia dei beni comuni

In uno degli articoli forse più citati di *Science*, Garret Hardin, presenta quella che oggi è nota come la tragedia dei beni comuni (*the tragedy of commons*)¹. Un tragico errore, un errore di scelta, che induce il sovra-sfruttamento della risorsa, lo spinge verso soglie di insostenibilità e aumenta il rischio di esaurimento/estinzione del bene in questione. Le cause di tale errore sono dovute alla mancanza di definiti diritti di proprietà sul bene che lo rende risorsa a libero accesso (*open access*) da parte dei suoi utilizzatori; in breve, al fatto che si tratta di un bene comune e non privato.

¹ Si rimanda ovviamente a Hardin (1968).

Utilizzando un esempio microeconomico, si immagini che la quantità di risorsa esauribile vendibile sul mercato da parte di un soggetto *price-taker* sia

$$X = f(n) \text{ con } f' > 0, f'' < 0 \quad (34)$$

dove n indica il numero di unità della risorsa raccolte².

Se denotiamo con ω il costo marginale costante di ogni estrazione, i profitti legati allo sfruttamento della risorsa potranno essere scritti come:

$$\Pi = pf(n) - \omega n \quad (35)$$

Confrontiamo ora due casi:

Proprietà privata e massimizzazione del profitto

Come usuale, chi detenesse la proprietà privata del bene potrebbe massimizzare il profitto tramite un uso efficiente della risorsa. Massimizzando la (35) rispetto a n , otteniamo che il livello ottimale di raccolta, n^* , sarà tale da uguagliare costo marginale e ricavo marginale ($pf'(n^*) = \omega$). Se il prezzo è costante e dato, ciò equivale ad uguagliare la produttività marginale al costo marginale rapportato al prezzo $\left(\frac{\omega}{p}\right)$.

Proprietà comune e libero accesso

Nel caso in cui l'accesso al bene sia libero e aperto, e non vi siano ben definiti diritti individuali di proprietà su di esso, chiunque appartenga alla comunità di utilizzatori potrà continuare a estrarre unità della risorsa, dallo stock esistente di questa, sino a quando non lo riterrà utile e vantaggioso, ovvero sino a che tale attività di raccolta non sia foriera di perdite. La quantità raccolta (\tilde{n}) sarà quindi quella per cui la (35) si annulla, ovvero per la quale la produttività media è pari a costo marginale reale $\frac{f(\tilde{n})}{\tilde{n}} = \frac{\omega}{p}$. Poiché la legge dei rendimenti decrescenti assicura che la produttività media è sempre maggiore di quella marginale, si ottiene che $\tilde{n} > n^*$, ossia un risultato di sovrautilizzo del bene.

Tale sovrautilizzo è individualmente ragionevole, ma collettivamente irrazionale e pericoloso per la conservazione della risorsa rinnovabile. Da qui nasce la

² Le ipotesi sulla funzione f garantiscono la validità della legge dei rendimenti decrescenti.

tragedia: il singolo utilizzatore del bene comune non tiene in considerazione che il suo comportamento genera un'esternalità negativa per la collettività in termini di maggior scarsità e rischi di estinzione/esaurimento della risorsa.

Ma come risolvere questo tragico errore senza la privatizzazione della risorsa rinnovabile?

7.2.3 Risorse a proprietà condivisa e istituzioni

Come sempre accade per quei beni che non sono né privati, né pubblici gestiti dallo Stato, ma beni comuni ad accesso aperto e non naturalmente limitabile, l'unica possibile forma di gestione è l'autoregolamentazione (*self regulation*) da parte dei loro utilizzatori attraverso la creazione di opportune istituzioni collettive. Tali istituzioni socio-economiche sono dette di autogoverno (*self-governance*) e dovrebbero sancire regole e criteri per eludere la tragedia di Hardin.

I lavori scientifici di Elinor Ostrom (Ostrom 1990) hanno mostrato la direttrice da percorrere nel disegno di istituzioni di autogoverno delle risorse a proprietà comune che durino nel tempo e siano efficaci nella gestione dei beni comuni. Tali istituzioni dovrebbero essere costruite in coerenza con una serie di principi/criteri sintetizzabili, in estrema brevità, in³:

- definizione chiara e condivisa dei confini della risorsa comune e dei diritti di accesso ad essa;
- congruenza tra distribuzione dei benefici rispetto ai costi associati alla creazione di norme e alle diverse condizioni locali di accesso;
- disegno di meccanismi condivisi di scelta collettiva e monitoraggio multilaterale;
- introduzione di sanzioni graduate per i trasgressori delle norme e di meccanismi a basso costo di risoluzione dei conflitti;
- mutuo riconoscimento del diritto di organizzare;
- partecipazione attiva ai processi di decisione collettiva.

Come appare evidente, la difficoltà nel disegno di istituzioni di *self-governance* cresce tremendamente con la scala del bene comune e con il grado di multilateralità degli interessi coinvolti nella sua gestione. Sarà dunque pensabile ovviare in questo modo alla tragedia hardiniana nel caso, come nell'esempio originario, di un piccolo lago a libero accesso su cui peschino gli abitanti delle sue coste; assai

³ La lista che segue è adattata da Ostrom (2000).

più arduo sarà il caso di un bacino idrografico che interessi diverse nazioni in scarsità di acqua; quasi impossibile in riferimento a beni pubblici globali come la stratosfera.

8. CRESCITA, INQUINAMENTO E RISORSE NATURALI

La locuzione economia verde (*green economy*) indica un modello di sviluppo, perorato e difeso dalle Nazioni Unite, inclusivo, sostenibile, a basse emissioni inquinanti e ad utilizzo efficiente delle risorse naturali.

I pilastri di tale sviluppo verde (*green development*) sono stati individuati in:

- (1) controllo del cambiamento climatico;
- (2) risparmio e gestione ottimale delle risorse naturali;
- (3) sfruttamento di forme di economia circolare, ovvero basate su riciclo e riuso;
- (4) protezione dell'ambiente e degli ecosistemi;
- (5) conservazione dell'acqua e del suo ciclo;
- (6) prevenzione dei disastri naturali dovuti all'attività umana.

Eco-tasse, regolamentazione ambientale, strumenti di contabilità verde, campagne di affermazione di nuovi *milieu* su ambiente e natura ecc. sono gli strumenti necessari per rendere “verde” il capitalismo contemporaneo.

All'interno di un'economia che voglia essere autenticamente verde, il problema della crescita economica non può essere analizzato separatamente da questioni ambientali, e un'eccessiva cecità delle teorie della crescita rispetto a vincoli ambientali, o limitate disponibilità di risorse naturali, non può più essere tollerata. In letteratura, sono quindi emersi molti modelli di “crescita verde” capaci di prendere la questione ambientale seriamente. In questa Sezione, passeremo in rassegna le loro principali caratteristiche ed i loro risultati più consolidati¹.

¹ Per una breve introduzione ai principali modelli di crescita economica si rimanda a Musu (2007).

8.1 Crescita ed emissioni inquinanti

La EKC, discussa nella Sezione 2, è una supposta relazione empirica tra livello di reddito pro-capite e quantità di emissioni inquinanti nell'ambiente. Ma cosa accade se inseriamo le emissioni inquinanti in un modello di crescita? In che modo possiamo farlo? Sarà poi possibile connettere questo con le giustificazioni teoriche della EKC?

Accettando un po' di assunzioni semplificatrici, come illustreremo nel proseguo, la risposta a tali quesiti è affermativa².

Per ogni istante t , si indichi con E la quantità di emissioni inquinanti, con L la popolazione di un dato sistema socio-economico, con $y = \frac{Y}{L}$ il livello del reddito pro-capite e con $e = \frac{E}{Y}$ le emissioni nocive per unità di prodotto³. La seguente catena di identità è quindi vera:

$$E = L \frac{Y}{L} \frac{E}{Y} = Lye \quad (36)$$

Applicando alla (36) l'usuale trasformazione logaritmica, e derivandola rispetto al tempo supposto continuo, otteniamo:

$$g_E = n + g_y + g_e \quad (37)$$

L'espressione (37) sancisce come il tasso di variazione delle emissioni inquinanti sia uguale alla somma di tre tassi di crescita: quello della popolazione, quello riferito al reddito/prodotto pro-capite e quello che misura la variazione nelle emissioni per unità di prodotto. I primi due tassi combinati tra loro misurano quello che abbiamo denominato *effetto scala*: al crescere della scala demografica e produttiva dell'economia, il suo impatto ambientale in termini di emissioni aumenta.

Immaginiamo per un attimo che g_e sia nullo. Il solo modo per ottenere una riduzione nel tempo delle emissioni è ottenere un valore negativo dalla somma dei rimanenti due tassi di crescita, ovvero: nessuna crescita demografica ($n \simeq 0$) e

² Per un set-up generale di un modello di crescita verde si rinvia all'Appendice.

³ In questa Sezione supponiamo che tutte le variabili dipendano in modo continuo dal tempo t . Per alleggerire la notazione, ometteremo tuttavia di far comparire la variabile tempo nelle espressioni usate.

decrecita del sistema economico *à la* Latouche. Fortunatamente, il rapporto tra quantità di emissioni e prodotto può ridursi grazie a forme di progresso tecnologico che introducono tecnologie a minor impatto ambientale. Per vedere questo punto, supponiamo di voler mantenere costante la quantità complessiva di emissioni nel sistema, $g_E = 0$. Sulla base della (37), ciò implica che:

$$n + g_y = -g_e \quad (38)$$

Se supponiamo che $n + g_y > 0$, allora dalla (38) otteniamo che:

$$-g_e > 0 \implies g_e < 0 \quad (39)$$

In altri termini, nel caso si voglia raggiungere la decrescita nelle emissioni inquinanti, il coefficiente delle emissioni per unità di prodotto deve ridursi ad un tasso maggiore della somma degli altri due ($-g_e > n + g_y$). Tale variazione negativa è quello che abbiamo chiamato *effetto progresso tecnologico*. Il progresso tecnico e l'innovazione verde possono consentire di stemperare, se non di annullare, gli effetti negativi della crescita dell'economia sull'ambiente. A questi due effetti, come ricordato nella Sezione 2, si aggiunge l'effetto composizione che, in linea di principio, può avere segno sia positivo che negativo sulla base di come varia la composizione dei settori produttivi del sistema economico.

Combinando le semplici proposizioni enunciate, otteniamo alcuni scenari possibili:

- $n \gg 0; g_y \gg 0; -g_e < 0$: il sistema economico è caratterizzato da forte crescita demografica, forte incremento del reddito/prodotto pro-capite e utilizzo intensivo di tecnologie/settori produttivi ad ampio impatto ambientale; questo è il caso di alcuni paesi oggi in via di sviluppo (come Brasile, Cina o Sudafrica) o delle economie occidentali sul finire del XIX Secolo;
- $n \simeq 0; g_y \simeq 0; -g_e > 0$: il sistema è in condizioni di stazionarietà (no effetto scala); continua innovazione verde e progressiva sostituzione di settori ad alto impatto con settori produttivi a basso impatto ambientale consentono di non peggiorare la qualità ambientale;
- $n \simeq 0; g_y > 0; -g_e > g_y$; l'economia ha ultimato la transizione demografica ed è in grado di conciliare crescita del reddito e minor impatto ambientale ultimando il passaggio verso paradigmi di sviluppo verde.

Sin qui, non abbiamo tuttavia ammesso che si possano destinare quote del PIL a spese connesse con attività di abbattimento delle emissioni inquinanti (spese difensive). Stokey (1998) e Brock e Taylor (2005) discutono tale possibilità.

Si indichi con Q il prodotto totale di un sistema economico a popolazione costante ($n = 0$), e si supponga la seguente funzione di produzione aggregata del tipo Cobb-Douglas:

$$Q = K^{\alpha}(AL)^{1-\alpha} \quad (40)$$

in cui K indica il capitale, L il lavoro ed A il livello di progresso tecnologico. Una quota θ del prodotto aggregato viene sottratta a consumi e investimenti produttivi per finanziare interventi di abbattimento delle emissioni nocive. Indichiamo ora il livello delle emissioni inquinanti come:

$$E = e(\theta)Q = (1 - \theta)^{\beta}Q \quad (41)$$

con $\frac{de}{d\theta} < 0$, ovvero: al crescere della quota di PIL destinata alle spese difensive, le emissioni per unità di prodotto si riducono. La quota del PIL destinata a consumi ed investimenti sarà pertanto:

$$Y = (1 - \theta)K^{\alpha}(AL)^{1-\alpha} \quad (42)$$

Applicando la trasformazione logaritmica alle espressioni (41) e (42), sostituendo una nell'altra le due trasformate, e differenziando quanto così ottenuto rispetto al tempo, si mostra come:

$$g_Y = \frac{g_e}{\beta} + \alpha g_K + (1 - \alpha) g_A \quad (43)$$

dove g_Y è il tasso di crescita del prodotto, g_K quello del capitale, g_A il tasso di variazione del progresso tecnologico e g_e quello delle emissioni per unità di prodotto.

In condizioni di stato stazionario, così come originariamente definite in Solow (1956), i primi due tassi elencati sono uguali tra loro ($g_Y^* = g_K^*$); la (43) può quindi essere riscritta come:

$$g_Y^* = g_A + \frac{g_e}{(1 - \alpha)\beta} \quad (44)$$

Come detto, se g_e assume valori sufficientemente ampi e negativi, l'effetto abbattimento delle emissioni può conciliare crescita del reddito e minor impatto ambientale; ma se così è, allora, dalla (44), ne discende che:

$$g_T^* < g_A \quad (45)$$

Intuitivamente, la (45) sottolinea come, in condizioni di stazionarietà, la spesa in attività di abbattimento delle emissioni implica una riduzione del tasso di crescita del prodotto rispetto a quello che si vi sarebbe stato, dati i progressi tecnologici in essere, senza la necessità di riparare danni ambientali connessi alla produzione di ricchezza. In assenza di avanzamenti nel livello di progresso tecnologico ($g_A = 0$), le spese difensive necessarie per la tutela ambientale saranno pagabili solo accettando una minor crescita del reddito pro-capite, uno scenario, questo, che ci fa ben comprendere il ruolo dell'innovazione tecnologica, e del progresso tecnico, nella difficile conciliazione tra crescita e sostenibilità ambientale.

Proprio il ruolo del progresso tecnologico nel settore ambientale (*progresso verde*), ossia di quelle forme di innovazione tecnologica che introducono tecnologie a minor impatto ambientale che consentono di ridurre le emissioni per unità di prodotto senza bisogno di finanziare spese di abbattimento, è oggetto dell'analisi proposta da Brock e Taylor (2010). La variante suggerita del modello di Solow è denominata *Green Solow Model* ed è composta da due equazioni di partenza⁴: l'espressione (42) e la seguente funzione delle emissioni:

$$E = eY \quad (46)$$

da cui si ottiene: $g_E = g_e + g_Y$, uguaglianza in cui $g_e < 0$ è interpretato come il tasso di crescita del progresso tecnologico verde.

Nel sistema economico convivono dunque due forme di progresso: una che aumenta la produttività del lavoro, l'altra che riduce l'impatto ambientale della produzione di reddito. Ricalcando il procedimento originario di Solow⁵, Brock e Taylor mostrano come, in stato stazionario, sia vero che:

⁴ Per semplicità supponiamo che la popolazione sia costante.

⁵ Per una brillante presentazione del suo modello di crescita si rimanda allo stesso autore, Solow (1970).

$$g_Y^* = g_A = g_E^* - g_e \quad (47)$$

da cui si ottiene:

$$g_E^* = g_A + g_e \quad (48)$$

Secondo la (48), in condizioni di stazionarietà, se si vuole una decrescita nel tempo della quantità di emissioni inquinanti ($g_E^* < 0$), deve verificarsi che $g_A + g_e < 0$, ovvero, visto che g_e è negativo per costruzione, che:

$$g_A < -g_e \quad (49)$$

Il progresso tecnologico A aumenta le possibilità di produzione e dunque determina un effetto scala negativo; per compensarlo, e ridurre nel tempo le emissioni, è necessario un progresso verde che proceda a ritmo più veloce del suo omologo, e introduca più rapidamente innovazioni tecniche e scientifiche pensate per aumentare la sostenibilità ambientale della produzione di reddito nazionale⁶.

8.2 Crescita e risorse naturali

Il Club di Roma sottolineò, come abbiamo discusso, i possibili limiti alla crescita imputabili alla finitezza delle risorse naturali e al loro possibile esaurimento: era necessario un utilizzo sostenibile al fine di non mettere a repentaglio le possibilità di crescita future. Ma è possibile integrare le risorse naturali in un modello di crescita economica? In caso affermativo, è possibile illustrare formalmente la fondatezza dei timori dei membri di quel club così citato? Come nella Sezione 7, divideremo la trattazione distinguendo tra risorse rinnovabili ed esauribili.

⁶ Brock e Taylor (2010) mostrano come lungo il sentiero di transizione verso lo *steady state*, in cui il tasso di variazione delle emissioni deve essere negativo, inizialmente si abbia accumulazione di capitale per unità efficiente di lavoro, con tassi di variazione delle emissioni positivi, quindi questi assumano valore pari a zero, per poi, continuando ad accumulare capitale per unità di lavoro, cominciare a decrescere. Tutto ciò può essere interpretato come una possibile derivazione teorica della EKC.

8.2.1 Crescita ed esauribilità delle risorse

Le condizioni sulla base delle quali l'utilizzo di una risorsa naturale esauribile, come i combustibili fossili, può essere coniugato con la crescita economica, che stimola una domanda crescente del bene ambientale, chiamano in causa il ruolo del progresso tecnologico. Se indichiamo con S lo stock della risorsa, e con R il flusso di estrazione della stessa come input nei processi di produzione, possiamo, utilizzando una tecnologia lineare alla Rebelo (1991), caratterizzare il sistema economico attraverso due equazioni: quella di decumulazione della risorsa esauribile e quella indicante la funzione di produzione aggregata, rispettivamente:

$$\dot{S} = -R \quad (50)$$

$$Y = AR \quad (51)$$

Il parametro A indica la produttività marginale delle risorse naturali. L'aumento del valore di tale parametro è il risultato del progresso tecnologico che consente di aumentare i rendimenti connessi all'utilizzo della risorsa estratta. Se immaginiamo, per esigenze di trattabilità, che il flusso di risorse estratte sia una quota percentuale, costante nel tempo, dello stock ($\sigma \in [0;1]$):

$$R = \sigma S \quad (52)$$

sostituendo la (52) nell'espressione (50), determiniamo il tasso di estrazione della risorsa:

$$(\dot{S})/S = -\sigma < 0 \quad (53)$$

mentre, unendo le espressioni (51) e (52), possiamo scrivere la funzione di produzione come:

$$Y = A\sigma S \quad (54)$$

Differenziando rispetto al tempo la trasformata logaritmica della (54), si ottiene:

$$g_Y = g_A - \sigma \quad (55)$$

dove g_r è il tasso di crescita dell'economia, g_A quello riferito al progresso tecnologico e σ misura come si riduce lo stock della risorsa nel tempo.

In termini intuitivi, la (55) ci dice che il tasso di crescita economica sarà tanto più elevato tanto più intenso è il progresso tecnologico, capace di aumentare l'efficienza nell'utilizzo della risorsa esauribile, e tanto minori sono i tassi di estrazione di questa. Viceversa, in assenza di progresso tecnico, se si desidera la stazionarietà dell'economia, l'unica via sarà quella della conservazione della risorsa per il futuro.

Si noti anche come, pur nella sua estrema semplicità, il modello presentato presagisca decrescita nel caso di tassi di estrazione della risorsa elevati e non compensati da forti avanzamenti tecnologici. Il sistema economico può, in altre parole, decidere di estrarre tutte, o quasi, le unità del bene ambientale spingendo le riserve della risorsa verso l'esaurimento e dando così priorità alla produzione di ricchezza corrente, rispetto alle possibilità di crescita future. L'andamento nel tempo del prezzo della risorsa esauribile, la disponibilità di risorse produttive sostitute e il grado di impazienza saranno, in tal senso, determinanti.

8.2.2 Crescita e utilizzo sostenibile delle risorse rinnovabili

Come abbiamo visto nella Sezione 7, se una risorsa naturale è rinnovabile il suo stock rimarrà costante nel tempo laddove i tassi di sfruttamento siano pari ai tassi di rigenerazione naturale della stessa. L'espressione (50) diventa in questo caso:

$$\dot{S} = G - \sigma S \quad (56)$$

dove G è il flusso di rigenerazione e σS quello di raccolta della risorsa. L'utilizzo sostenibile della risorsa suggerisce la preservazione dello stock per le generazioni future, ovvero:

$$\dot{S} = 0 \implies G = \sigma S \quad (57)$$

Se la funzione di produzione rimane quella indicata dall'espressione (54), ripetendo i passaggi algebrici menzionati sopra, è facile ottenere che:

$$g_r = g_A \quad (58)$$

ossia, a stock costante, la crescita economica è possibile solo grazie a miglioramenti nell'efficienza produttiva nell'utilizzo della risorsa garantiti da rilevanti forme di progresso tecnologico. In assenza di questo, l'aumento nel tempo del reddito/produzione potrà essere conseguito solo decumulando lo stock esistente del bene ambientale. Per vedere ciò, si imponga una condizione di decumulazione dello stock ($\dot{S} < 0$) e si assuma lineare l'espressione indicante il flusso di rigenerazione della risorsa rinnovabile ($G = \varrho S$).

In questo caso, la (58) diventa:

$$g_Y = g_A - (\sigma - \varrho) \quad (59)$$

con $\sigma - \varrho < 0$ vista l'ipotesi di insostenibilità nell'utilizzo. Se $g_A = 0$, la crescita economica sarà possibile solo mettendo a repentaglio l'esistenza del bene, e sarà tanto più intensa quanto più rapida è la decumulazione dello stock della risorsa, sino alla sua esaurizione.

Se consideriamo, per contro, una funzione di produzione che incorpora il progresso tecnico nel capitale, come quella utilizzata da Romer (1986), ovvero del tipo:

$$Y = K^a (AR)^{1-a} \quad (60)$$

con $A = \eta K$ e $\eta \in (0;1)$, da cui:

$$Y = K(\eta R)^{1-a} \quad (61)$$

e costruiamo l'equazione di accumulazione del capitale, possiamo calcolare il tasso di crescita di questo come:

$$g_K = s(\eta R)^{1-a} - \delta \quad (62)$$

dove s indica la propensione marginale al risparmio e δ il saggio di deprezzamento del capitale. Dato che $g_K = g_Y$, se imponiamo la condizione di non decumulazione dello stock, ovvero $G = R = \sigma S$ (da cui $S = \frac{G}{\sigma}$), giungiamo al tasso sostenibile di crescita del reddito pari a:

$$g_Y = s \left(\frac{\eta}{\sigma} G \right)^{1-a} - \delta \quad (63)$$

La crescita economica sarà dunque tanto più intensa quanto:

- maggiori sono gli investimenti finalizzati a finanziare ricerca, innovazione e sviluppo di tecnologie a maggior efficienza nell'utilizzo della risorsa rinnovabile (η);
- maggiore è la capacità naturale di rigenerazione della risorsa (G);
- minore è il flusso di prelievo della risorsa (σ).

8.2.3 La maledizione delle risorse naturali

Per sancire il ruolo delle risorse naturali nella determinazione del livello di reddito di un paese, possiamo quantificare, come suggerito in World Bank (1997), il valore del capitale naturale disponibile nel sistema economico in termini di terreni agricoli, da allevamento, foreste e risorse del sottosuolo (tra cui metalli, minerali, petrolio e gas naturale). Capitale naturale e PIL pro-capite risultano, di solito, positivamente correlati, ossia le nazioni più ricche sono anche quelle più opulente in termini di risorse naturali.

Gylfason (2001) e Rodriguez e Sachs (1999) considerano, invece, il livello del reddito pro-capite e il tasso di crescita dell'economia, e ottengono risultati opposti. Nel periodo 1965-1998, i paesi che basano la propria economia sull'esportazione di risorse naturali, e in cui il capitale naturale rappresenta una porzione significativa della ricchezza nazionale, sono cresciuti in maniera notevolmente più lenta, sperimentando gravi risacche di sottosviluppo. Da qui, nasce l'ipotesi di maledizione delle risorse naturali (*natural resources curse*) (Sachs e Warner 2001): possedere ampi stock di capitale naturale fa male, sotto certe condizioni, alla crescita economica.

Le spiegazioni del fenomeno sono essenzialmente tre⁷.

Sovraconsumo

Un incremento improvviso del reddito pro-capite, associato a un'esplosione nei rendimenti derivanti dalla disponibilità di risorse naturali, può favorire un innalzamento dei consumi e spingere i prelievi a livelli non sostenibili. L'aumento del tenore di vita nel breve periodo può ridurre la propensione al risparmio e richiedere un aumento dei tassi di prelievo delle risorse naturali sino al loro esaurimento, minando le possibilità future di crescita economica.

⁷ Si veda Weil (2005).

Distorsioni nelle dinamiche di sviluppo

Un'altra possibile spiegazione della maledizione delle risorse è che una loro ampia disponibilità induca distorsioni nella struttura dell'economia, spiegate dall'ottenimento di benefici di breve periodo più che compensati però da elevatissimi costi di lungo termine. Se l'ostinato sfruttamento di una risorsa naturale rallenta la produzione in, e lo sviluppo di, altri settori dell'economia o l'esportazione della risorsa naturale prende la forma di *enclave*, piccole zone di sviluppo economico con quasi nessun contatto con il resto dell'economia, come per i paesi dell'America Latina nel corso del XIX Secolo, gli effetti sulla crescita di lungo periodo potrebbero essere disastrosi.

Fattori politici

Corruzione politica, eccessiva espansione del settore pubblico dell'economia volto al controllo politico delle risorse naturali strategiche, lotte intestine tra gruppi di potere per controllare le riserve della risorsa che possono, come in Sierra Leone dal 1990 al 2000, sfociare in vere e proprie guerre civili, totale mancanza di meccanismi di distribuzione dei proventi della crescita ottenuta dallo sfruttamento del bene, possono, a loro volta, concorrere ad alimentare la maledizione soprattutto nei paesi più poveri e con istituzioni democratiche scarsamente evolute.

In molti paesi in via di sviluppo, l'avverarsi della maledizione delle risorse naturali spesso genera una dannata trinità: espansioni di breve periodo a discapito delle possibilità di crescita secolare, persistenza di povertà diffusa e degrado ambientale.

9. POVERTÀ E AMBIENTE

La maggior parte dei paesi in via di sviluppo afflitti da problemi di povertà, e certamente le fasce povere delle popolazioni che in essi vivono, dipendono in modo cruciale dalle risorse naturali. Il 40% del PIL è, in media, derivante da valore aggiunto agricolo, le esportazioni sono quasi unicamente di beni primari e circa l'80% della forza lavoro è impiegata in attività di gestione o di raccolta di risorse naturali (World Bank 2008). Molti abitanti delle campagne dei paesi più poveri si affidano quasi esclusivamente alle risorse naturali per soddisfare i propri bisogni, o vendono beni della natura nei mercati locali in cambio di denaro. Va da sé come il progressivo impoverimento e degrado di diversi ecosistemi, o habitat naturali, sia per loro una vera e propria minaccia imminente di non sopravvivenza. La situazione dei poveri delle zone rurali è peggiorata dal fatto che vivono, in misura sempre maggiore, all'interno di "terre fragili" (*fragile lands*), ovvero sistemi ambientali pronti alla degradazione e a bassissima produttività agricola (World Bank 2003), tanto che, a livello planetario, le nazioni più povere sono quelle con la maggior concentrazione della popolazione all'interno di tali aree marginali.

Una tesi piuttosto diffusa è, pertanto, quella secondo la quale la maggioranza dei poveri nei paesi in via di sviluppo, ubicata in terre fragili, possa trovarsi invischiata in una "trappola povertà-ambiente" (*poverty-environment trap*) bidirezionale (WCED 1987), ovvero:

i poveri sono costretti a sovrautilizzare le risorse naturali per sopravvivere giorno dopo giorno e l'impoverimento ambientale li rende ulteriormente più poveri, rendendo la loro sopravvivenza ancora più incerta e difficile.

Come evidenziato da Dasgupta (1993):

nelle comunità rurali dei paesi poveri molti mercati di vitale importanza sono mancanti (ad esempio credito, capitale, assicurazioni) ed un ampio numero di merci cruciali per la sopravvivenza, come acqua potabile o combustibili, sono disponibili solo a costi elevati in termini di tempo e sforzo.

In assenza di mercati del lavoro locali in grado di offrire ai poveri un'occupazione, o in mancanza di un mercato del credito rurale da cui prendere in prestito piccole somme di denaro, i poveri senza terra dipenderanno, per ottenere piccoli redditi e soddisfare i loro bisogni nutrizionali, dallo sfruttamento di risorse naturali a proprietà condivisa e accesso aperto. I poveri senza alcun asset (*assetless poor*) saranno i più dipendenti dallo sfruttamento della natura e quindi i più propensi a deprenderla se necessario. Come in ogni trappola della povertà, si materializza una condizione autorinforzantesi di povertà, maggior degrado ambientale, perdita di stato nutrizionale, maggior povertà e incapacità al lavoro, e quindi ancora maggior degrado del capitale naturale; concatenazioni capaci di far divenire la condizione di povertà cronica e duratura¹.

Il deterioramento o l'esaurimento di beni o servizi ambientali, il degrado ambientale ed ecosistemi inquinati e non-resilienti saranno dunque, al contempo, cause e conseguenze della povertà umana.

9.1 Ecologia della povertà e povertà ecologica

Stillwaggon (2006) suggerisce la bella espressione "ecologia della povertà" (*ecology of poverty*) per indicare tutti quei fattori ambientali, epidemiologici, nutrizionali, sociali ed economici che concorrono a determinare condizioni fertili per la povertà e per la diffusione di epidemie e pandemie come quella dell'AIDS. La prospettiva

¹ Per una definizione e discussione delle trappole della povertà si rinvia a Dasgupta (1997), (2003) e Barrett e Swallow (2006).

dalla quale è declinato il concetto è quella dei modelli ecologici in cui si analizzano interazioni complesse e multi-livello tra variabili comportamentali, variabili ambientali e fattori ospitanti (*host factors*) in grado di agevolare la diffusione di un virus.

Difficile accesso all'acqua per l'igiene personale e la sanificazione, *habitat* degradati colpiti da emissioni inquinanti o disastri ambientali, terre fragili e insalubri, sottonutrizione e mancato accesso al mercato del lavoro, perdita di voce politica, norme sociali arcaiche e fondate sull'ignoranza, mercati mancati, istituzioni pubbliche assenti e corrotte, sono tutti fattori che solitamente, nei paesi in via di sviluppo, si concatenano l'uno con l'altro nel costruire il contesto sistemico più adatto per l'allignare della povertà diffusa.

Nei paesi economicamente più sviluppati, inquinamento urbano, aria irrespirabile ricca di metalli sottili, inquinamento acustico, difficoltà nei *suburb* delle grandi metropoli nel creare una relazione armonica con la natura per la mancanza di spazi verdi, aumento della mortalità causata da fattori di degrado ambientale (sostanze tossiche, inquinanti atmosferici, rifiuti pericolosi ecc.), sono spesso menzionati tra le forme delle nuove povertà.

Da entrambi questi punti di vista, il degrado ambientale e l'inquinamento sono visti come, *inter alia*, cause di povertà.

Il concetto di scarsità ecologica (*ecological scarcity*), inteso come la perdita di una miriade di benefici e servizi ecosistemici a causa del loro eccessivo sfruttamento per usi e attività umane, si collega quindi a quello di povertà ecologica (*ecological poverty*), ma assumendo una connotazione più universale (Barbier 2010, 2012).

Forme di deprivazione che si riferiscono alla mancanza di acqua fresca e potabile, all'esaurimento di risorse genetiche o biochimiche degli eco-sistemi, all'estinzione di specie e perdita di biodiversità o alla perdita di soddisfazioni spirituali, religiose o estetiche connesse alla contemplazione della natura, possono essere sia forme locali di povertà ecologica, fronteggiate da comunità e popolazioni dei paesi più poveri, sia cause di una condizione cronica di scarsità per l'intero genere umano, non poveri in termini di reddito inclusi, dovuta al progressivo degrado di servizi eco-sistemici che sono beni pubblici globali.

Accettare di vivere in un contesto di scarsità ecologica implica che lo sviluppo sostenibile sia orientato, laddove possibile, non solo verso la conservazione, ma verso la restituzione al pianeta degli stock di risorse e degli ecosistemi originari (*ecosystem restoration*). Un obiettivo di lungo periodo che potrebbe essere utile all'alleviamento della povertà, sia nei paesi in via di sviluppo che in quelli afflitti da nuove povertà.

9.2 Povertà e feedback ambientali

La povertà influisce negativamente sulle condizioni ambientali in diversi modi, detti genericamente feedback ambientali (*environmental feedbacks*). Possiamo raggrupparli in tre categorie fondamentali:

- *sovrautilizzo delle risorse naturali locali a libero accesso*: Dasgupta (1993) esplora analiticamente i legami tra sottonutrizione, miseria ed erosione della quantità di risorse locali a proprietà comune e libero accesso. Una migrazione dovuta a una guerra o alla siccità, un brusco aumento della popolazione degli *assetless poor*, politiche pubbliche poco accorte o di governi predatori e corrotti, sono tutte ragioni possibili per un improvviso sovrauso di risorse locali comuni. Maggiore è la facilità di accesso ad esse, e più complesso è il disegno di istituzioni di *self-governance*, maggiori saranno i rischi di repentino esaurimento delle risorse stesse.
- *elevati tassi di fertilità*: al fine di ovviare alla mancanza di mercati e a multiformi condizioni di deprivazione (mancanza di acqua potabile, mancanza di combustibili, mancanza di reddito per acquistare beni alimentari e quindi la necessità di coltivarli ecc.), le famiglie povere dei paesi più poveri del pianeta necessitano di lavoro e non possono essere poco numerose. Alti tassi di fertilità e miseria si intessono viziosamente tra loro, aumentando la vulnerabilità nutrizionale dei singoli e i tassi di mortalità infantile. La crescita demografica genera ancora più domanda di risorse naturali e intensifica l'effetto scala.
- *utilizzo di tecnologie/energia ad alto impatto ambientale*: al fine di contenere i costi di produzione o la spesa per i consumi, le fasce più povere delle popolazioni, o i governi delle nazioni più povere del pianeta, possono utilizzare e/o consentire l'uso di tecnologie e fonti energetiche a basso costo, ma ad alto impatto ambientale. Maggior risparmio, o più ampi margini di profitto, dovuti allo scarico delle conseguenze ecologico-ambientali delle scelte correnti sulle generazioni future (*ecological dumping*)², sono ritenuti più importanti

² Non vi è, in letteratura, una definizione univoca di *dumping* ecologico. Rauscher (1994) è il primo ad affrontare il tema, ma offre diverse definizioni possibili. Secondo Stevens (1995) l'*ecodumping* è la vendita di prodotti con costi ambientali artificialmente bassi sui mercati esteri, mentre Rowbotham (1993) si limita a menzionare i prodotti per l'esportazione contenenti sostanze tossiche o pericolose,

della tutela ambientale. Regolamentazione ambientale e conservazione del capitale naturale imporrebbero maggiori costi sulle generazioni correnti che, temendo per la loro stessa vita, attribuiscono poco valore alla futura disponibilità di ecosistemi salubri e resilienti (alta impazienza).

Alcuni studiosi suggerisco, dunque, di scomporre l'impatto ambientale (*Environmental Impact*, EI) come segue:

$$EI = S_1^{\alpha} S_2^{\beta} G^{\gamma} A^{\delta} T^{\epsilon} \quad (64)$$

in cui S_1 è il numero dei poveri, S_2 il numero dei non-poveri, G un indice di disuguaglianza nella distribuzione del reddito, A una misura di ricchezza e T la tecnologia di produzione³. La (64), oltre che dar conto dei feedback ambientali da povertà ad ambiente, pone in evidenza come, in sistemi economici in cui povertà e forte disuguaglianza convivono, la diseguale distribuzione della ricchezza si accompagna all'adozione, da parte dei più ricchi, di abitudini di consumo insostenibili e ad alto consumo di energia, come quelle delle nazioni più opulente. Se tutto ciò convive con povertà diffusa, spietato sfruttamento di risorse naturali e utilizzo di tecnologie inquinanti, l'impatto ambientale del sistema economico sarà drammaticamente alto.

9.3 Aspetti di genere

Come è noto, nei paesi in via di sviluppo, la povertà ha il volto di milioni di donne. La causa di ciò è radicata nelle ampie disparità di genere (*gender inequalities*) accettate e reiterate in molte nazioni arcaiche, o in cui vecchie norme sociali permangono inscalfite. Al di là di violenze e soprusi, le donne, nei paesi più poveri del mondo, lavorano più degli uomini, ricevono salari più bassi, si sobbarcano le attività di cura e riproduzione tramite ore di lavoro non pagato e si occupano della gestione e della conservazione delle risorse della comunità

ottenuti con processi ad alto impatto ambientale grazie all'assenza di standard di qualità e regolamentazione ambientale. Tutti sono comunque concordi nel ritenere tali pratiche incompatibili con la sostenibilità. Per una discussione sull'idea di *ecodumping* si rimanda a Kuhn e Thusnelda (1996).

³ Si veda Rao (2000).

(risorse locali comuni), da cui attingono quanto necessario per la sopravvivenza della famiglia⁴.

Il contributo delle donne è quindi cruciale per la conservazione dei beni ambientali locali, e la loro mobilitazione politica come agenti della sostenibilità è risultata fondamentale per sensibilizzare i governi verso questioni di tutela ambientale (come è accaduto con il *Greenbelt Movement*, movimento femminile per combattere la desertificazione del Kenya).

Il pensiero eco-femminista critica la cecità dell'economia ambientale neo-classica nei confronti di questioni di genere e reclama un pieno riconoscimento del ruolo dell'uguaglianza di genere per la sostenibilità dello sviluppo e la tutela ambientale (McMahon 1997). L'oppressione delle donne e la distruzione della natura sono simbolicamente, storicamente e praticamente connesse: la difesa del pianeta da minacce ecologiche passa prioritariamente attraverso la difesa dei diritti e dell'autonomia delle donne, e dei loro percorsi di *empowerment* (Warren 1987). L'assenza di uguaglianza di genere finisce così per violare non solo una condizione di equità orizzontale dello sviluppo, ma, attraverso il conseguente deterioramento ambientale, anche quella di equità intergenerazionale (Warren 1990).

9.4 Crescita, povertà e feedback ambientali

Coerentemente con quanto detto, una via indiretta, ma proficua, per ridurre i feedback ambientali discussi è quella di seguire sentieri di *pro-poor growth*, ovvero crescita capace di alleviare la povertà. Indubbiamente, la crescita economica è una condizione necessaria, ma non sufficiente, per ottenere rilevanti riduzioni nella povertà diffusa. Come argomentano, *inter alia*, Shorrocks e van der Hoeven (2004), il livello di disuguaglianza, e le sue variazioni, hanno un peso cruciale nel rendere l'aumento del PIL a vantaggio dei più poveri. Questo poiché:

- per ogni livello di reddito medio, maggior disuguaglianza accresce il livello di povertà;

⁴ Ad esempio, in aree a forte scarsità di combustibili, donne e bambini sono i principali raccoglitori di legna da ardere, un'attività che, secondo stime, occupa loro dalle 4 alle 5 ore ogni giorno.

- un forte livello di diseguaglianza riduce l'elasticità della povertà rispetto alla crescita, ovvero la sensibilità della povertà misurata a variazione nel tasso di crescita dell'economia⁵;
- elevata diseguaglianza nella distribuzione del reddito riduce i tassi di crescita attesi.

Un percorso di crescita economica capace di sortire rilevanti benefici per i poveri non solo aumenterebbe la qualità della vita dei più indigenti nel breve termine, ma ridurrebbe, nel medio e lungo termine, il livello di diseguaglianza, migliorando, pertanto, le prospettive future di crescita economica.

L'argomentazione a favore di una riduzione nel livello di diseguaglianza nella distribuzione del reddito è quindi duplice: da un verso, minore diseguaglianza iniziale permette maggiori tassi di crescita dell'economia; dall'altro, una distribuzione meno iniqua delle risorse, e delle opportunità, fa sì che i proventi della crescita giungano sino ai segmenti più poveri della popolazione, migliorando il loro tenore di vita, e riducendo i feedback ambientali negativi dovuti a miseria e deprivazione diffuse.

Per una volta, contrastare la povertà corrente può ridurre il rischio di crescente scarsità ecologica di servizi ecosistemici, universali e globali, a cui sono oggi soggetti anche i gruppi sociali più opulenti.

⁵ L'elasticità della povertà rispetto alla crescita (*growth elasticity of poverty*) misura la quantità di poveri che oltrepassano la linea di povertà (z) se tutti i redditi aumentano dell'uno per cento. Nel caso si utilizzi l'*head-count ratio* (HR) per misurare la povertà, essa sarà pari a:

$$\eta_{HR} = \frac{zf'(x)}{H}$$

con $f(x)$ indicante la funzione di densità del reddito (x) e $H = F(z)$. Per dettagli, si veda Heltberg (2004).

10. ECONOMIA ECOLOGICA

Economia ed ecologia, per lungo tempo, si sono reciprocamente ignorate. L'ecologia, fondata come disciplina scientifica da Ernst Haeckel nel 1870, veniva definita, dai suoi padri fondatori, come quella branca della biologia focalizzata su “*l'economia della Natura*”, un approccio di ricerca squisitamente non antropocentrico e multidisciplinare. Per contro, le scienze economiche sono sempre state cieche, almeno sino agli anni settanta del XX secolo, rispetto alle possibili interazioni, e ai possibili legami, tra attività antropiche di produzione/consumo e natura¹.

Al fine di reintegrare gli studi sullo sviluppo umano e quelli sullo sviluppo della natura, nel 1988 nasce la Società Internazionale per l'Economia Ecologica (*International Society for Ecological Economics*, ISEE). Il suo obiettivo non è costruire un nuovo paradigma teorico, con assunzioni e assiomi, ma stimolare un modo di pensare interdisciplinare, e basato sul mutuo apprendimento, tra studiosi di economia ed ecologia. Questo nella consapevolezza che, al fine di raggiungere la sostenibilità dello sviluppo, la comunità scientifica deve confrontarsi con nuovi problemi multi-scala, trans-culturali e trans-disciplinari che minacciano la qualità della vita futura degli esseri umani e individuare nuovi approcci di ricerca.

¹ Una notevole eccezione fu l'approccio bio-economico suggerito da Georgescu-Roegen secondo cui ogni processo che produce merci diminuisce la disponibilità futura di energia e quindi le possibilità future di produzione. Durante i processi di creazione di ricchezza anche la materia si degrada e diminuisce la sua produttività per usi futuri, tale materia può essere rimpiegata in misura minore e a costi crescenti.

Da un punto di vista metodologico, l'economia ecologica si propone un approccio olistico alla sostenibilità, fondendo assieme antropocentrismo e bioetica, e focalizzandosi sul benessere di tutte le forme di vita presenti sul pianeta. L'analisi delle relazioni tra eco-sistemi e sistema economico assume importanza centrale e, a tal fine, numerosi concetti appartenenti alla biologia e alla fisica, come quelli già citati di resilienza o capitale ecologico, sono integrati nel ragionamento economico.

In questa Sezione, presenteremo una breve introduzione ai fondamenti dell'economia ecologica².

10.1 La prospettiva analitica

L'economia ecologica è direttamente focalizzata sui problemi fronteggiati dagli esseri umani e dagli ecosistemi da cui questi dipendono nel lungo termine. Tali problemi richiedono di: (i) valutare e garantire che la scala delle attività umane all'interno della biosfera sia ecologicamente sostenibile; (ii) distribuire equamente risorse e diritti di proprietà sia tra generazione correnti e generazioni future, sia tra umani e altre specie viventi; (iii) allocare in maniera efficiente le risorse sociali rispettando le due condizioni precedenti.

Proprio gli esseri umani hanno un ruolo cruciale, nonché una forte responsabilità morale, nel garantire la sostenibilità ecologica nel lungo termine.

Il sistema socio-economico è visto come parte della più ampia ecosfera e l'enfasi analitica è solitamente posta sulle interazioni tra componenti viventi e non viventi di questa in un contesto di incertezza. Ovviamente, nel fare ciò, concetti quali capacità di carico, irreversibilità, non-lienarità ecc. sono posti in relazione con la crescita delle attività umane sul pianeta e con lo sviluppo di sistemi equi di distribuzione della ricchezza e dei diritti di proprietà³.

La nozione di sostenibilità propria dell'economia ecologica è quindi piuttosto forte: conservazione e investimento nel capitale ecologico (Costanza e Daly 1992), preservazione della resilienza al cambiamento del sistema ecologico a supporto della vita (Holling 1994, Jansson e Jansson 1994, Perrings 1994) e rispetto di condizioni di equità nelle possibilità di sviluppo sono considerati vincoli impre-

² Per una presentazione più ampia, si veda Costanza (1996).

³ Si vedano Costanza e Cornwell (1992) e Costanza (1994).

scindibili per evitare di percorrere sentieri di crescita che conducono al collasso ecologico del pianeta.

L'integrazione tra ecologia ed economia richiede tuttavia una nuova modellistica transdisciplinare. Gli avanzamenti nello studio della dinamica dei sistemi complessi (*complex systems*), compiuti negli ultimi decenni in fisica e informatica, hanno introdotto nuovi strumenti analitici utilizzabili per creare modelli in cui il sistema umano e quello naturale interagiscono. Con il termine "sistemi" si intende gruppi di parti interdipendenti, interagenti e legate assieme da scambi di energia, materia o informazione. I "sistemi complessi" sono quindi caratterizzati da (von Bertalanffy 1968):

- forti interazioni non-lineari tra le parti;
- complessi cicli di feedback (*feedback loops*) che rendono difficile distinguere tra cause ed effetti di un fenomeno;
- importanti ritardi (*lags*) spazio-temporali, discontinuità ed effetti soglia;
- l'impossibilità di addizionare tra loro comportamenti su piccola scala al fine di ottenere risultati aggregati validi su larga scala.

Il sistema ecologico e quello economico, presi assieme, sono sistemi diabolicamente complessi. Ogni riduzionismo metodologico, ovvero la pratica di sezionare un problema in parti sempre più piccole e isolate, e quindi più facilmente analizzabili, è considerato causa di indagini infondate o di conclusioni non vere⁴.

Nel modellizzare sistemi complessi, alcune questioni diventano cruciali: 1) il problema della scala e della gerarchia; 2) l'analisi di comportamenti non di equilibrio; 3) lo sviluppo di teorie evolutive capaci di predire e spiegare le dinamiche di mutazione.

10.2 Scala e gerarchia

In economia ecologica, il termine "scala" si riferisce sia alla risoluzione (precisione e complicità dell'analisi) che all'estensione (in termini di tempo, spazio o numero di elementi considerati) dell'analisi, e la procedura di "riscalatura" (*re-sca-*

⁴ Un esempio di riduzionismo nelle scienze economiche è il passaggio da un'analisi di equilibrio generale a una di equilibrio parziale sorretto dall'ipotesi, eroica, di *ceteris paribus*.

ling) significa l'applicazione di modelli aventi una certa scala a problemi di scala differente.

Il mondo naturale contiene già una gerarchia di scale utilizzabile: atomi, molecole, cellule, organismi, popolazioni di organismi, comunità, ecosistemi, bioregioni del pianeta, la biosfera nel suo complesso ecc. (Allan e Starr 1982, O'Neill *et al.* 1986). È pertanto possibile individuare informazioni e misure sui fenomeni utilizzando una scala ridotta, per poi cercare conferma di queste a livelli gerarchici superiori. Tale risalitura è, tuttavia, da compiere con attenzione dato che l'aggregazione nei sistemi complessi è non additiva, non lineare e discontinua (Rastetter *et al.* 1992).

La gerarchia di scale naturali è chiaramente utile per partizionare i sistemi complessi: la natura è divisibile in livelli che condividono scale spazio-temporali simili e che interagiscono in maniera sistematica. Ogni livello lungo la gerarchia della natura percepisce i livelli superiori come vincoli e i livelli inferiori come disturbi (*noise*). Nel caso in cui una massa critica di componenti del sistema segua tutta lo stesso modello comportamentale, ciò che a un livello basso della gerarchia appare come un piccolo stress può trasformarsi in importanti perturbazioni ai livelli superiori (Norton e Ulanowicz 1992). A tali perturbazioni potrebbero far seguito importanti discontinuità, adattamenti ed effetti feedback sui livelli inferiori⁵.

10.3 Dinamiche di evoluzione e strutture dissipative

Nello studio delle dinamiche di evoluzione dei sistemi complessi non si può ignorare il fatto che questi operino in condizioni di disequilibrio e di costante adattamento a condizioni mutevoli nel tempo (Holland e Miller 1991, Rosser 1992). Apprendimento ed evoluzione devono, pertanto, essere decodificati e modellati esplicitamente integrando tra loro processi del sistema finalizzati a: raccolta e trasmissione di informazioni, generazione di nuove risposte alle condizioni emergenti e selezione delle alternative superiori in termini di performance.

⁵ L'utilizzo estensivo di combustibili fossili nelle attività umane può essere un esempio. La loro combustione per la produzione e il consumo causa fattori di disturbo a livelli superiori come quello atmosferico. Mutazioni dell'atmosfera retrointeragiscono poi con i livelli inferiori alterando le loro condizioni di funzionamento.

Rispetto al paradigma convenzionale del pensiero economico neoclassico, del comportamento ottimale e di equilibrio, l'economia ecologica concepisce la dinamica di adattamento di un sistema complesso alle perturbazioni da esso subite come:

- dipendente dal percorso (*path dependent*) e dalla storia evolutiva del sistema stesso;
- caratterizzata da equilibri multipli che fungono da attrattori instabili, ovvero il sistema non raggiunge mai l'equilibrio verso il quale, tuttavia, tende temporaneamente; le dinamiche evolutive sono dunque lontane dall'equilibrio e, anche laddove questo fosse casualmente raggiunto, la sua stabilità nel tempo sarà minima;
- caratterizzata da un livello non ottimale di efficienza lungo i sentieri di adattamento;
- affetta da fenomeni di *lock-in* dovuti a rendimenti crescenti e feedback positivi connessi a particolari risposte evolutive autocatalitiche che si rinforzano nel tempo.

L'applicazione di teorie di dinamica evolutiva ai sistemi ecologici ed economici non è tuttavia scevra di difficoltà. Nell'evoluzione economica e culturale, è la cultura stessa a fungere da mezzo di stoccaggio delle informazioni, esperienze e conoscenze, la generazione di nuove risposte è determinata dall'innovazione e dalle forme di progresso tecnologico e la selezione delle alternative basata su misure non biologiche di performance⁶. Ma quale misura di performance si potrà utilizzare nell'evoluzione ecologica?

Per i sistemi complessi, un utile criterio di performance è il potenziale termodinamico (*thermodynamic potential*), ossia l'energia interna al sistema, poiché ogni sistema chimico evolve in elaborate strutture di non equilibrio proprio utilizzando tale principio, e tutti i sistemi sono termodinamici (compresi quello ecologico e quello economico). Proprio l'applicazione del paradigma evolutivo ai sistemi termodinamici ha condotto alla caratterizzazione di dinamiche lontane dall'equilibrio (*far-from-equilibrium dynamics*) e al concetto di strutture dissipative (*dissipative structures*) (Prigogine 1972).

⁶ Per di più, come ricorda Arrow (1962), poiché l'evoluzione culturale è un prodotto della società, la lungimiranza gioca in essa un ruolo importante che non può avere nell'evoluzione biologica.

I sistemi dissipativi (*dissipative systems*) sono sistemi aperti che scambiano con l'ambiente energia, materia ed entropia. Essi sono caratterizzati dalla spontanea rottura delle simmetrie interne, da anisotropia (*anisotropy*)⁷, nonché dalla formazione di strutture caotiche, ad alto livello di instabilità, che evolvono nel tempo, per complessità, al fine di ridurre il livello di entropia del sistema stesso. Una struttura dissipativa è un sistema dissipativo caratterizzato da dinamiche che conducono verso stati stazionari temporanei, ma riproducibili, i quali consentono ad essa di adattarsi al cambiamento e di eliminare il disordine.

L'idea che un sistema possa evolvere tramite una sequenza di stadi, alcuni brevemente stazionari, altri altamente instabili, che conducono verso nuove strutture volte a ristabilire maggior ordine in seguito a perturbazioni, sembra adattarsi bene sia al sistema ecologico, che a quello economico, visti ora come strutture dissipative. Il successo di una risposta evolutiva in termini di performance sarà, pertanto, connesso al mantenimento dell'integrità del sistema complesso, nonostante il suo essere lontano da un equilibrio di lungo periodo, e alla sua capacità di raggiungere soluzioni operative sostenibili.

10.4 Quale sostenibilità?

Come abbiamo detto, l'idea di sostenibilità perorata dall'economia ecologica è quella di sostenibilità in senso forte. Questa viene, tuttavia, declinata in maniera non proprio identica rispetto a quanto fatto dal radicalismo ambientalista.

Tra gli altri, Robinson (1991) suggerisce come la sostenibilità richieda il mantenimento della capacità dinamica di un sistema di rispondere adattivamente, e questa sia connessa alla resilienza del sistema stesso. Berkes e Folke (1994) discutono della sostenibilità come capacità di resilienza (*capacity for resilience*) dei sistemi ecologico-economici in termini di responsività ed efficacia dei processi di creazione di istituzioni sociali, di azione collettiva, di cooperazione e apprendimento sociale. Non di meno, Costanza *et al.* (1991) interpretano la sostenibilità come una relazione tra sistemi economici ed ecologici grazie alla quale:

⁷ L'anisotropia è la proprietà di un materiale di assumere diverse proprietà sulla base della direzione evolutiva (disomogeneità rispetto alla direzione). Al contrario, si parla di isotropia.

- la vita umana sul pianeta può continuare indefinitamente;
- gli essere umani possono aspirare a una condizione di fioritura (*eudaimonia*);
- le culture umane possono evolversi, ma gli effetti delle attività umane rimangono all'interno di limiti soglia tali da non distruggere la diversità, la complessità e le funzioni del sistema ecologico di supporto alla vita.

Uno degli strumenti più diffusi e consolidati per determinare se gli effetti delle attività antropiche rimangono entro limiti soglia accettabili, e più utilizzato nell'economia ecologica, è indubbiamente l'Impronta Ecologica (*Ecological Footprint*, EF da qui in poi). Essa misura il consumo umano di risorse naturali in una determinata area rispetto alla sua biocapacità (*biocapacity*), ossia la sua naturale produzione di materiali e organismi biologici. Per il suo calcolo, prima si determina il valore del consumo medio pro-capite di beni, quindi si procede a calcolare la superficie pro-capite necessaria per la produzione di ciascuno degli n beni consumati e si divide il consumo medio pro-capite per la sua produttività, cioè la superficie di terreno necessaria per produrlo (espressa in kg/ha). Moltiplicando quanto così ottenuto per la popolazione dell'area considerata (N), si ottiene:

$$EF = N \sum_{i=1}^n E_i = N \sum_{i=1}^n C_i q_i \quad (65)$$

in cui C_i indica il consumo medio del bene i -esimo e q_i è il reciproco della produttività media del prodotto stesso. Un divario positivo tra biocapacità pro-capite di un'area e la sua impronta ecologica pro-capite, sarà detto surplus ecologico, una differenza negativa deficit ecologico della zona.

Come intuitivamente chiaro, un ampio deficit ecologico è sintomo di insostenibilità e le nazioni che operano in perdita ecologica stanno, con le loro scelte di consumo e produzione correnti, attentando al benessere futuro di quelle che accantonano surplus ecologici.

11. CONCLUSIONI

Come conciliare dunque crescita e sostenibilità? In fondo, la risposta di buon senso è semplice: trovare una via tramite la quale bilanciare ciò che noi prendiamo dalla biosfera e ciò che lasciamo alle generazioni future. Il problema di fondo è che, come illustra la recente *Dasgupta Review* (Dasgupta 2021), oggi giorno le capacità del genere umano di generare effetti irreversibili e catastrofici sull'intero sistema Terra sono enormi, molto più che in passato, ed è ormai evidente come la domanda antropica di beni naturali ecceda ampiamente la capacità della natura di soddisfarla. È pertanto necessario un forte cambiamento globale in favore di modelli di sviluppo sostenibili e ad alta compatibilità con la tutela e la valorizzazione della biosfera. Ogni economia deve essere verde; non è più una delle opzioni tra le tante, ma una *conditio sine qua non* della stessa sopravvivenza del pianeta e del genere umano.

Sulla base di quanto sin qui argomentato, il cambiamento a favore di un nuovo modello di sviluppo verde dovrebbe essere orientato verso alcune direttrici prioritarie che richiedono alle nazioni del mondo di:

- ridurre la domanda di risorse naturali e le cause di distruzione progressiva di molti servizi ecosistemici o beni comuni;
- investire risorse nella conservazione e, ove possibile, ricostruzione di forme di capitale ecologico e naturale al fine di supportare la natura nelle sue abilità di offrire risorse alle generazioni future;
- mantenere e difendere la resilienza degli ecosistemi riducendo l'impronta ecologica delle attività umane e alleviando il carico da attività antropiche che il pianeta sta sopportando;

- investire in R&S finalizzata all'introduzione di tecnologie a minor impatto ambientale che riducano la produzione di rifiuti e consentano un utilizzo meno intensivo delle risorse naturali;
- modificare le modalità di misurazione del successo economico, e della produttività, per far sì che tengano conto della natura, e introdurre strumenti di contabilità verde che possano guidare i *policy maker* a individuare percorsi di sviluppo sostenibili;
- contrastare, finalmente con decisione, povertà, disuguaglianza e disparità di genere al fine di aumentare la salute riproduttiva, contenere i tassi di fertilità e ridurre i feedback ambientali;
- trasformare le nostre istituzioni sociali, locali o globali, in senso partecipativo, dando loro maggior consapevolezza ecologico-ambientale e del loro ruolo nella difesa della natura.

Senza dubbio, è vero che il tempo non gioca a favore dell'umanità, e che la vaghezza dell'idea stessa di sostenibilità complica non poco le cose. Eppure, vaghezza e ingenuità, in merito alle possibili conseguenze nefaste per la Terra di un esplosivo sviluppo industriale, furono delle costanti nello sviluppo capitalistico dalla seconda metà del XIX secolo sino agli anni settanta del secolo successivo, e queste non lo hanno di certo bloccato o inibito.

Se è vero pertanto che, come sostiene polemicamente lo scrittore ed ecologista statunitense Murray Bookchin:

gli scrupoli che danno voce a tanti ambientalisti sapientoni sono tanto ingenui quanto quelli delle multinazionali sono fasulli, poiché il capitalismo non può essere persuaso a porre un freno alla sua crescita, così come non si può persuadere un essere umano a non respirare;

tale ingenuità sarà quello di cui ora abbiamo tutti bisogno per intraprendere un cambiamento senza il quale potremmo ritrovarci con generazioni del lontano futuro capaci solo di respirare, come nei peggior film distopici, aria tossica in un pianeta che sta morendo.

APPENDICE

La via più generale e raffinata per studiare la crescita economica in presenza di vincoli ambientali è quella che utilizza tecniche di ottimizzazione dinamica.

I modelli di ottimizzazione dinamica sono, solitamente, composti da:

- un dato orizzonte temporale T finito o infinito;
- una funzione di sconto intertemporale dipendente dal tasso sociale di sconto r ;
- una funzione obiettivo che misura il benessere sociale; solitamente la massimizzazione del benessere sociale è espressa in termini di massimizzazione dell'utilità dei consumi aggregati nel tempo, ovvero:

$$\max J = \int_0^T U(C(t), E(t)) e^{-rt} dt$$

in cui U denota la funzione di utilità, C il consumo aggregato, E la quantità di emissioni inquinanti. Chiaramente, $\frac{\partial U}{\partial C} > 0$ e $\frac{\partial U}{\partial E} < 0$.

- i vincoli esistenti sono espressi tramite equazioni dinamiche; una di queste solitamente governa la dinamica del capitale prodotto dall'uomo (K), ad esempio:

$$K = F(\cdot) - C - a$$

dove F denota la funzione di produzione aggregata e a la spesa per interventi di miglioramento delle condizioni ambientali.

Un'espressione analoga è poi costruita per la dinamica di accumulazione delle emissioni inquinanti:

$$\dot{E} = -dE + \gamma$$

dove d indica il coefficiente di dissipazione naturale dell'inquinante e γ è il flusso aggiunto di emissioni in un periodo di tempo.

Lo stesso si può fare rispetto alla dinamica del capitale naturale, visto come input della funzione di produzione:

$$\dot{N} = f(N, E, t)$$

con $N(t) > N$ indicante il livello soglia al di sotto del quale non si può scendere.

Il problema da risolvere per individuare sentieri ottimali di crescita sarà dunque massimizzare \mathcal{J} rispetto ai consumi aggregati sotto condizione di rispettare i tre vincoli imposti.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Allen T.F.H., Starr T.B. (1982). *Hierarchy*, University of Chicago Press, Chicago.
- Anand S., Sen A.K. (2000). "Human Development and Economic Sustainability", *World Development*, 28, pp. 2029-49.
- Anders G., Gramm W.P., Maurice W.P., Smithson C.W. (1980). *The Economics of Mineral Extraction*, Praeger, New York.
- Andreoni J., Levinson A. (2001). "The Simple Analytics of the Environmental Kuznets Curve", *Journal of Public Economics*, 80, pp. 269-86.
- Arrow K.J. (1962). "The Economic Implications of Learning by Doing", *Review of Economic Studies*, 29, pp. 155-73.
- Arrow K.J., Fisher A.C. (1974). "Environmental Preservation, Uncertainty and Irreversibility", *Quarterly Journal of Economics*, 88, pp. 312-19.
- Arrow K.J., Bolin B., Costanza R., Dasgupta P., Folke C., Holling C. S, Jansson B., Levin S., Maler K.G., Perrings C., Pimentel D. (1995). "Economic Growth, Carrying Capacity, and the Environment", *Science*, 268, pp. 520-1
- Asheim G.B. (1994). "Net National Product as an Indicator of Sustainability", *Scandinavian Journal of Economics*, 96, pp. 257-65.
- Backus D.K., Routledge B.R., Zin S. E. (2005). "Recursive Preferences", NYU Working Paper No. 2451/26114, New York University, New York.
- Barbier E.B. (2010). "Poverty, Development and Environment", *Environment and Development Economics*, 15, pp. 635-60.
- Barbier E.B. (2012). "Natural Capital, Ecological Scarcity and Rural Poverty", World Bank Policy Research Working Paper No. 6232, The World Bank, Washington.

- Barrett C.B., Swallow B.M. (2006). "Fractal poverty traps", *World Development*, 34, pp. 1-15.
- Berkes F., Folke C. (1994). "Investing in Cultural Capital for Sustainable Use of Natural Capital", in Jansson A.M., Hammer M., Folke C., Costanza R. (eds), *Investing in Natural Capital: the Ecological Economics Approach to Sustainability*, Island Press, Washington.
- Bertalanffy von, L. (1968). *General System Theory*, Braziller, New York.
- Brekke K.A. (1997). *Economic Growth and the Environment: On the Measurement of Income and Welfare*, Edward Elgar, Cheltenham.
- Brock W.M., Taylor M.S. (2005). "Economic Growth and the Environment: A Review of Theory and Empirics", in Aghion P., Durlauf S., *Handbook of Economic Growth*, North Holland, Amsterdam.
- Brock W.M., Taylor M.S. (2010). "The Green Solow Model", *Journal of Economic Growth*, 15, pp. 127-53.
- Cobb C., Cobb J.B. (1994). *The Green National Product: A Proposed Index of Sustainable Economic Welfare*, University Press of America, New York.
- Common M., Perrings C. (1992). "Towards an Ecological Economics of Sustainability", *Ecological Economics*, 6, pp. 7-34.
- Costanza R. (1994). "Three General Policies to Achieve Sustainability", in Jansson A.M., Hammer M., Folke C., Costanza R. (eds), *Investing in Natural Capital: the Ecological Economics Approach to Sustainability*, Island Press, Washington.
- Costanza R. (1996). "Ecological Economics: reintegrating the study of humans and nature", *Ecological Applications*, 6, pp. 978-90.
- Costanza, R., Daly H.E. (1992). "Natural Capital and Sustainable Development", *Conservation Biology*, 6, pp. 37-46.
- Costanza R., Daly H.E., Bartholomew J.A. (1991) "Goals, Agenda and Policy Recommendations for Ecological Economics", in Costanza R. (ed), *Ecological Economics*, Columbia University Press, New York.
- Costanza R., Cornwell L. (1992). "The 4P Approach to dealing with Scientific Uncertainty", *Environment*, 34, pp. 12-20.
- Costanza R., Daly L., Fioramonti L., Giovannini E., Kubiszewski I., Mortensen L.F., Pickett K.E., Ragnarsdottir K.V., De Vogli R., Richard Wilkinson R. (2016). "Modelling and measuring sustainable wellbeing in connection with the UN Sustainable Development Goals", *Ecological Economics*, 130, pp. 350-5.
- Daily G. (ed.) (1997). *Nature's Services. Social Dependence on Natural Ecosystems*, Island Press, Washington D.C.
- Daley H.E. (1991). *Steady State Economics*, Island Press, Washington D.C.

- Daly H. (1996). *Beyond Growth: the Economics of Sustainable Development*, Beacon Press, Boston.
- Daly H., Cobb J. (1989). *For the Common Good*, Greenprint Press, London.
- Dasgupta P. (1993). *An Inquiry into Well-Being and Destitution*, Oxford University Press, New York.
- Dasgupta P. (1997). "Nutritional status, the capacity for work and poverty traps", *Journal of Econometrics*, 77, pp. 5-37.
- Dasgupta P. (2003). "Population, poverty and the natural environment", in Mäler K.G., Vincent J.R. (eds), *Handbook of Environmental Economics, Volume 1: Environmental Degradation and Institutional Responses*, North Holland, Amsterdam.
- Dasgupta P. (2021). *The Economics of Biodiversity: The Dasgupta Review*, HM Treasury, London.
- Dasgupta P., Heal G. (1979). *Economic Theory and Exhaustible Resources*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Dasgupta P., Maler K.G. (1994). "The Environment and Emerging Development Issues", in Layard R., Glaister S. (eds), *Cost-Benefit Analysis*, Cambridge University Press, Cambridge.
- De Bruyn S.M., van den Bergh J., Opschoor J.B. (1998). "Economic Growth and Emissions: Reconsidering the Empirical Basis of the Environmental Kuznets Curve", *Ecological Economics*, 25, pp. 161-75.
- Delbono F., Lanzi D. (2007). *Povertà, di che cosa?*, Il Mulino, Bologna.
- Fuwa K. (1995). "Definition and Measurement of Sustainable Development: the Biogeophysical Foundations", in Munasinghe M., Satterthwaite D. (eds), *Defining and Measuring Sustainability*, The World Bank/UN University, Washington D.C.
- Ghai D. (1978). "Basic Needs and its Critics", *Institute of Development Studies*. 9, pp. 16-18.
- Gillespie J. (1973). "Polymorphism in Random Environments", *Theoretical Population Biology*, 4, pp. 193-5.
- Grimm V., Vissel C. (1997). "Babel, or the Ecological Stability Discussions: An Inventory of Terminology and a Guide to Avoid Confusion", *Oecologica*, 109, pp. 323-34.
- Gyekye K. (1994). "Taking Development Seriously", *Journal of Applied Philosophy*, 11, pp. 45-56.
- Gylfason T. (2001). "Natural Resources, Education and Economic Development", *European Economic Review*, 45, pp. 847-59.
- Haltberg R. (2004). "The Growth Elasticity of Poverty", in Shorrocks A., van der Hoeven R. (eds), *Growth, Inequality and Poverty*, Oxford University Press, New York.

- Harbaugh W.T., Levison A., Wilson D.M. (2002). "Reexamining The Empirical Evidence For An Environmental Kuznets Curve", *Review of Economics and Statistics*, 84, pp. 541-51.
- Hardin G. (1968). "The Tragedy of the Commons", *Science*, 162, pp. 1243-48.
- Hartwick J. (1977). "Intergenerational Equity and the Investing of Rents from Exhaustible Resources", *American Economic Review*, 67, pp. 972-4.
- Heal G. (1998). *Valuing the Future: Economic Theory and Sustainability*, Columbia University Press, New York.
- Hicks J.R. (1946). *Value and Capital*, Clarendon Press, Oxford; trad. it. *Valore e capitale*, UTET, Torino, 1954.
- Hoffman A.A., Parsons P.A. (1997). *Extreme Environmental Change and Evolution*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Holling C.S. (1973). "Resilience and Stability of Ecological Systems", *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4, pp. 1-23.
- Holling C.S. (1994). "New Science and New Investments for a Sustainable Biosphere", in Jansson A.M., Hammer M., Folke C., Costanza R. (eds), *Investing in Natural Capital: the Ecological Economics Approach to Sustainability*, Island Press, Washington D.C.
- Holling C.S., Berkes F., Folbre C. (1998). "Science, Sustainability and Resource Management", in Berkes F., Folke C., Colding J. (eds), *Linking Social and Ecological Systems*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Holland J.H., Miller J.H. (1991). "Artificial Adaptive Agents in Economic Theory", *American Economic Review*, 81, pp. 365-70.
- Hotelling H. (1931). "The Economics of Exhaustible Resources", *Journal of Political Economy*, 39, pp. 137-75.
- International Labour Organization [ILO] (1976). *Employment, Growth and Basic Needs: One World Problem*, Genève.
- Jansson A.M., Jansson B.O. (1994). "Ecosystem Properties as a basis for Sustainability", in Jansson A.M., Hammer M., Folke C., Costanza R. (eds), *Investing in Natural Capital: the Ecological Economics Approach to Sustainability*, Island Press, Washington D.C.
- Jolly R. (1976). "The World Employment Conference: The Enthronement of Basic Needs", *Development Policy Review*, 9, pp. 31-44.
- Kaul I. (ed.) (2016). *Global Public Goods*, Elgar, London.
- Kuhn M., Thusnelda T. (1996). "Ecological dumping and environmental capital flight: The economics behind the propaganda", *Diskussionsbeiträge No. 324*, Universität Konstanz, Konstanz.

- Kuttrilla J.V. (1967). "Conservation reconsidered", *American Economic Review*, 57, pp. 777-86.
- Kuznets S. (1955). "Economic Growth and Income Inequality", *American Economic Review*, 45, pp. 1-28.
- Lancaster K.J. (1966). "A New Approach to Consumer Theory", *Journal of Political Economy*, 74, pp. 132-57.
- Latouche S. (2006). *Le pari de la décroissance*, Fayard, Paris; trad. it. *La scommessa della decrescita*, Feltrinelli, Milano, 2007.
- Loomis J.B. (1988). "Broadening the Concept and Measurement of Existence Values", *North-east Journal of Agricultural and Resource Economics*, 17, pp. 23-9.
- Lozada G.A. (1995). "Resource Depletion, National Income Accounting and the Value of Optimal Dynamic Programs", *Resource and Energy Economics*, 17, pp. 137-54.
- Malliaris A.G., Mullady H., Stefani S. (1991). "Heterogeneous Discount Rates: a Generalization of Hotelling Rule", in Hamalainen R., Ehtamo H. (eds), *Dynamic Games and Economic Analysis*, Springer, Berlin.
- Markandya A., Pedroso-Galinato S., Golub A. (2004). "Empirical Analysis of National Income and So2 Emissions in Selected European Countries", *Environmental and Resource Economics*, 35, pp. 221-57.
- Mazzanti M., Zoboli R. (2009). "Municipal Waste Kuznets Curves: Evidence on SocioEconomic Drivers and Policy Effectiveness from the EU", *Environmental and Resources Economics*, 44, pp. 203-30.
- McMahon M. (1997). "From the Ground Up: Ecofeminism and Ecological Economics", *Ecological Economics*, 20, pp. 163-73.
- Mcpherson M.A., Nieswiadomy M. (2006). "Environmental Kuznets curve: Threatened species and spatial effect", *Ecological Economics*, 55, pp. 395-407.
- Meadows D.H., Meadows D.L., Randers J., Behrens W.H. (1972). *The Limits to Growth*, Universe Book, New York; trad. it. *I limiti dello sviluppo*, Mondadori, Milano, 1981.
- Musu I. (2007). *Crescita economica*, Il Mulino, Bologna.
- Nordhaus W.D., Tobin J. (1972). "Is Growth Obsolete?", *Economic Research: Retrospect and Prospect*, Volume 5, Economic Growth, NBER, Washington D.C.
- Norton B.G., Ulanowicz R.E. (1992). "Scale and Biodiversity Policy: a hierarchical approach", *Ambio*, 21, pp. 244-49.
- O'Neill R.V., DeAngelis D.L., Waide J.B., Allen T.F.H. (1986). *A Hierarchical Concept of Ecosystems*, Princeton University Press, Princeton.

- Ostrom E. (1990). *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*, Cambridge University Press, Cambridge; trad. it. *Governare i beni collettivi*, Marsilio, Venezia, 2006.
- Ostrom E. (2000). "Reformulating the Commons", *Swiss Political Science Review*, 6, pp. 29-52.
- Pearce D.W. (2002). "An Intellectual History of Environmental Economics", *Annual Review of Energy and the Environment*, 27, pp. 57-81.
- Pearce D.W., Atkinson G.D. (1993). "Capital Theory and the Measurement of Sustainable Development: an Indicator of 'Weak' Sustainability", *Ecological Economics*, 8, pp. 103-8.
- Pearce D.W., Markandya A., Barbier E. (1990). *Sustainable Development: Economy and the Environment in the Third World*, EarthScan, London.
- Perrings C. A. (1994). "Biotic Diversity, Sustainable Development and Natural Capital", in Jansson A.M., Hammer M., Folke C., Costanza R. (eds), *Investing in Natural Capital: the Ecological Economics Approach to Sustainability*, Island Press, Washington D.C.
- Prigogine R. (1972). "Thermodynamics of Evolution", *Physics Today*, 23, pp. 23-8.
- Randall, A. (1992). "A Total Framework for Benefit Estimation", in Peterson G.L., Swanson C.S., McCollum D.W., Thomas M.H. (eds), *Valuing Wildlife Resources in Alaska*, Westview Press, Oxford.
- Rao P.K. (2000). *Sustainable Development*, Blackwell, Oxford.
- Rastetter E.B., King A.W., Cosby B.J., Hornberger G.M., O'Neill R.V., Hobbie J.E. (1992). "Aggregating finescale ecological knowledge to model coarser-scale attributes of ecosystems", *Ecological Applications*, 2, pp. 55-70.
- Rauscher M. (1994). "On Ecological Dumping", *Oxford Economic Papers*, 46, pp. 822-40.
- Rebelo S. (1991). "Long-Run Policy Analysis and Long-Run Growth", *Journal of Political Economy*, 99, pp. 500-21.
- Robinson, J.B. (1991). "Modelling the Interactions between Human and Natural Systems", *International Social Science Journal*, 130, pp. 629-47
- Rodriguez F., Sachs J.D. (1999). "Why Do Resource-Abundant Economies Grow More Slowly?", *Journal of Economic Growth*, 4, pp. 277-303.
- Romer P.M. (1986). "Increasing Returns and Long-Run Growth", *Journal of Political Economy*, 94, pp. 1002-37.
- Rosser J.B. (1991). *From Catastrophe to Chaos: a General Theory of Economic Discontinuities*, Kluwer, Amsterdam.

- Rowbotham E.J. (1993). "Dumping and Subsidies: their potential effectiveness for achieving sustainable development in North America", *Journal of World Trade*, 27, pp. 145-73.
- Sachs J.D., Warner A. (2001). "The Curse of Natural Resources", *European Economic Review*, 45, pp. 827-38.
- Schaefer M.B. (1954). "Some Aspects of the Dynamics of Populations", *Inter-American Tropical Tuna Commission*, 1, pp. 7-56.
- Schaltegger S., Burritt R. (2017). *Contemporary Environmental Accounting: Issues, Concepts and Practice*, Routledge, Abingdon-on-Thames.
- Sen A.K. (1981). *Poverty and Famines*, Clarendon Press, Oxford; trad. it. *Povertà e carestie*, Edizioni di Comunità, Milano, 1997.
- Seralgedin I. (1996). "Sustainability as Opportunity and the Problem of Social Capital", *Brown Journal of World Affairs*, 3, pp. 187-203.
- Shafik N. (1994). "Economic Development and Environmental Quality: An Econometric Analysis", *Oxford Economic Papers*, 46, pp. 757-73.
- Shorrocks A., van der Hoeven R. (eds) (2004). *Growth, Inequality and Poverty*, Oxford University Press, New York.
- Solow R.M. (1956). "A Contribution to the Theory of Economic Growth", *Quarterly Journal of Economics*, 70, pp. 65-94.
- Solow R.M. (1970). *Growth theory. An exposition*, Clarendon Press, Oxford; trad. it. *La teoria della crescita. Un'esposizione*, Einaudi, Torino, 1980.
- Solow R.M. (1986). "On the Intergenerational Allocation of Resources", *Scandinavian Journal of Economics*, 88, pp. 141-9.
- Solow R.M. (1991). *Sustainability: An Economist's perspective*, Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole.
- Solow R.M. (1994). "An almost Practical Step toward Sustainability", in *Assigning Economic Value to Natural Resources*, National Research Council, Washington D.C.
- Stern D.I. (2004). "The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve", *World Development*, 32, pp. 1419-39.
- Stevens C. (1995). "Eco-Dumping: More Myth than Reality", *Internationale Politik und Gesellschaft*, 2, pp. 174-80.
- Stewart F. (1985). *Basic Needs in Developing Countries*, Johns Hopkins University Press, Baltimore
- Stillwagon E. (2006). *AIDS and the Ecology of Poverty*, Oxford University Press, Oxford.
- Stockhammer E., Hochreiter H., Obermayr B., Steiner K. (1997). "The Index of Sustainable Economic Welfare as an alternative to GDP in Measuring Economic Welfare", *Ecological Economics*, 21, pp. 19-34.

- Stokey N. (1998). "Are there Limits to Growth?", *International Economic Review*, 39, pp. 1-31.
- Streeten P. (1981). *First Things First: Meeting Basic Needs in Developing Countries*, Oxford University Press, New York.
- Streeten P. (1984). "Basic Needs: Some Unsettled Questions", *World Development*, 12, pp. 973-78.
- United Nations Department for Policy Coordination and Sustainable Development [UNDPCSD] (1997). *Indicators for Sustainable Development*, documento online, Washington D.C.
- Varian H.R. (2010). *Microeconomic Analysis. 3rd Edition*, Norton, New York.
- Vellinga P., de Groot R., Klein R. (1994). "An Ecologically Sustainable Biosphere", in Dutch Committee for Long-Term Environmental Policy (eds), *The Environment: Towards a Sustainable Future*, Springer, Berlin.
- Warren K. (1987). "Feminism and Ecology: Making Connections", *Environmental Ethics*, 9, pp. 3-20.
- Warren K. (1990). "The Power and the Promise of Ecological Feminism", *Environmental Ethics*, 12, pp. 121-46.
- Weil D.N. (2005). *Economic Growth*, Pearson, New York; trad. it. *Crescita economica*, Hoepli, Milano, 2007.
- Weitzman M.L. (1976). "On Welfare Significance of National Product in a Dynamic Economy", *Quarterly Journal of Economics*, 90, pp. 156-62.
- Weitzman M.L. (2016). "Some Theoretical Connections Among Wealth, Income, Sustainability, and Accounting", NBER Working Papers 22060, National Bureau of Economic Research.
- Williamson J.G. (1991). *Inequality, Poverty and History: Kuznets Memorial Lectures*, Blackwell, New York; trad. It. *Ineguaglianza, povertà e storia: le lezioni in memoria di Kuznets*, Giuffrè, Milano, 1992.
- World Bank (1997). *Expanding the Measure of Wealth: Indicators of Environmentally Sustainable Development*, The World Bank, Washington D.C.
- World Bank (2003). *World Development Report 2003*, The World Bank, Washington D.C.
- World Bank (2008). *Poverty and the Environment: Understanding Linkages at the Household Level*, The World Bank, Washington D.C.
- World Commission on Environment and Development [WCED] (1987). *Our Common Future*, Oxford University Press, Oxford.

Finito di stampare nel mese di aprile 2022
per i tipi di Bologna University Press