

## **Indagine economico ambientale sul Parco Nazionale del Sagarmatha (Everest, Nepal). Dalla cartografia delle unità di copertura del suolo, alla definizione di una matrice di capitale naturale, attraverso l'uso del telerilevamento satellitare**

Fabrizio Luciani, Silvia Micheli

Università degli Studi di Perugia, Dipartimento di Economia, Finanza e Statistica, Via Pascoli 20, 06100 Perugia  
tel. 0755855246, fax 0755855299, e-mail evk2cnr@unipg.it

*Questa ricerca è stata realizzata nell'ambito del Progetto Ev-K2-CNR – Ricerche Scientifiche e Tecnologiche in Himalaya e Karakorum, con il sostegno del Comitato Ev-K2-CNR ed in collaborazione con la Nepal Academy of Science and Technology (NAST) come previsto dal Memorandum of Understanding tra lo Stato del Nepal ed il Governo della Repubblica Italiana e grazie al contributo del Consiglio Nazionale delle Ricerche e del Ministero degli Affari Esteri.*

### **Riassunto**

Lo studio è volto alla creazione di una base conoscitiva scientifica al fine di poter enucleare un fondamentale indicatore di sviluppo sostenibile identificato come “capitale naturale”, che anticipa un eventuale, successivo approfondimento riguardante l’“impronta ecologica” e l’“analisi multi criteria”. Il punto di partenza di questa ricerca è la carta di copertura del suolo di un settore dell’area del Parco Nazionale del Sagarmatha (Everest, Nepal), realizzata dal gruppo di ricerca del Dipartimento di Economia, Finanza e Statistica dell’Università degli Studi di Perugia attraverso il telerilevamento satellitare, con lo scopo di affiancare le indagini economico ambientali a quelle naturalistiche.

### **Abstract**

This study aims to establish a scientific knowledge base with the aim of isolating a key indicator of sustainable development, identified as natural capital accounting, which anticipates a possible, subsequent, development of the ecological footprint and multi-criteria analysis. The starting point of this research paper is the cartography of an area of the Sagarmatha National Park (Everest, Nepal), undertaken by the research group of the Department of Economics, Finance and Statistics at the University of Perugia with the use of a remote sensing satellite, with the aim of combining eco-environmental and naturalistic investigations.

### **Il progresso**

#### **a) Dati utilizzati per la carta di unità di copertura del suolo**

Lo studio riportato va ad integrare i precedenti già svolti nella medesima area, ma in anni differenti ed è inserito in un’indagine più ampia e che ha come tema la “Ricerca, studio e valutazione degli impatti ambientali conseguenza dell’attività agricola, zootecnica e turistica nel Parco Nazionale Sagarmatha (Everest, Nepal)”, realizzata dal Dipartimento di Economia, Finanza e Statistica dell’Università degli Studi di Perugia, in collaborazione con il Comitato Ev- K2-CNR.

Obiettivo della analisi, eseguita in sei anni, è stato quello di identificare le variazioni di copertura del suolo di un settore del Parco del Sagarmatha, nel Nepal settentrionale, rilevabili mediante

elaborazione di dati provenienti da *remote sensing* e riferibili, principalmente, agli interventi dell'uomo legati a sostanziali attività turistiche ed a pratiche agricole. I dati, disponibili per quest'area, sono le immagini del sensore ASTER acquisite inizialmente il 23 ottobre 2003. Nell'ottobre del 2005 è stata fatta la prima campagna a terra che ha permesso di utilizzare dati telerilevati coerenti con lo stato vegetativo delle coperture del suolo. Una seconda ed una terza acquisizione sono avvenute rispettivamente il 24 ottobre 2006 ed il 21 ottobre 2009, affiancate da una ulteriore rilevamento sul posto eseguito tra l'ottobre ed il novembre del 2006. L'elaborazione finale è stata eseguita nel febbraio 2010.

## b) Metodologia per il rilevamento e la creazione delle chiavi di interpretazione

Il rilevamento sul terreno, eseguito al fine di incrociare i dati così acquisiti con quelli telerilevati attraverso l'analisi di immagini multitemporali e multispettrali, si è svolto nel settore meridionale del Parco del Sagarmatha, lungo la valle che da Lukla sale verso Namche e che da qui si apre verso i ghiacciai del Khumbu.

Il processo di classificazione si basa su fotointerpretazione di immagini da satellite ASTER nella combinazione 321 (tab.1), con 15 metri di risoluzione a terra. Il processo di fotointerpretazione ha utilizzato i dati raccolti durante la campagna a terra ed in particolare sono stati creati i due livelli qui riportati: 1) percorsi di rilevamento e punti di acquisizione; 2) fotografie orientate.

## c) Legenda delle classi

Dal punto di vista metodologico è stata scelta la classificazione di CORINE Land Cover, che nasce come prodotto di foto-interpretazione di dati multispettrali e che ha permesso di definire, durante le sue prime fasi di lavoro e di aggiornamento, le chiavi di interpretazione per la creazione delle classi di legenda (Tab. 1). L'utilizzo dei dati del sensore ASTER, aumenta le capacità radiometriche per l'applicazione di algoritmi di classificazione delle coperture del suolo, anche in funzione di una risoluzione al suolo di 15 metri nel set di bande del VIR.

1. TERRITORI ARTIFICIALI	1.1 Aree urbane	1.1.2 Tessuto urbano discontinuo
2. TERRITORI AGRICOLI	2.4 Zone agricole eterogenee	2.4.2 Sistemi particellari complessi 2.4.3 Aree principalmente occupate dall'agricoltura, con presenza di vegetazione naturale
3. TERRITORI BOSCATI E AMBIENTI SEMI-NATURALI	3.1 Zone boscate  3.2 Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea  3.3 Spazi aperti senza o con poca vegetazione	3.1.2 Boschi di conifere 3.1.3 Boschi misti 3.2.1 Praterie e pascoli naturali 3.2.2 Cespuglieti 3.2.4 Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in mutazione 3.3.2 Rocce nude 3.3.3 Aree con vegetazione rada 3.3.5 Ghiacciai e nevi perenni
5. CORPI IDRICI	5.1 Acque continentali	5.1.1 Corsi d'acqua 5.1.2 Bacini d'acqua

Tabella 1 – Classi di legenda secondo lo schema CORINE Land Cover.

**d) Classificazione *supervised* secondo la definizione di *training site* definiti anche sulla base delle osservazioni di campagna**

Il classificatore utilizzato in questa fase dello studio è stato il SAM poiché uno dei principali problemi incontrati per il riconoscimento, anche visuale, delle differenti coperture del suolo, è stato l'illuminazione dei versanti.

Gli spettri che si sono utilizzati in questo lavoro sono stati estratti direttamente dalle immagini ASTER nelle stesse bande sulle quali si è svolta la fotointerpretazione. Il risultato è estremamente interessante anche se alcune classi, come già appare nei valori di separabilità tra i *training set*, devono probabilmente essere ancora meglio definite nello spazio spettrale. Di seguito si riportano alcuni valori di separabilità per le classi più problematiche.

agricolo [Blue]	380 points:
urbano [Red]	3820 points: (1.99639212 2.00000000)
conifere [Green]	392 points: (1.91203045 1.99853682)
alveo [Yellow]	53 points: (1.91939846 2.00000000)
bosco misto [Cyan]	314 points: (1.49958322 1.59162710)
arbustivo rado [Magenta]	458 points: (1.44604553 1.82546407)
roccia [Maroon]	359 points: (1.65222925 1.99898124)
laghi [Sea Green]	498 points: (2.00000000 2.00000000)
ghiaccio [Purple]	679 points: (1.98276794 2.00000000)
ghiaccio [Purple]	679 points:
urbano [Red]	3820 points: (1.96588756 2.00000000)
conifere [Green]	392 points: (1.99896036 2.00000000)
agricolo [Blue]	380 points: (1.98276794 2.00000000)
alveo [Yellow]	53 points: (1.54235390 2.00000000)
bosco misto [Cyan]	314 points: (1.99880759 2.00000000)
arbustivo rado [Magenta]	458 points: (1.94873755 2.00000000)
roccia [Maroon]	359 points: (1.81277841 2.00000000)
laghi [Sea Green]	498 points: (1.98876886 2.00000000)

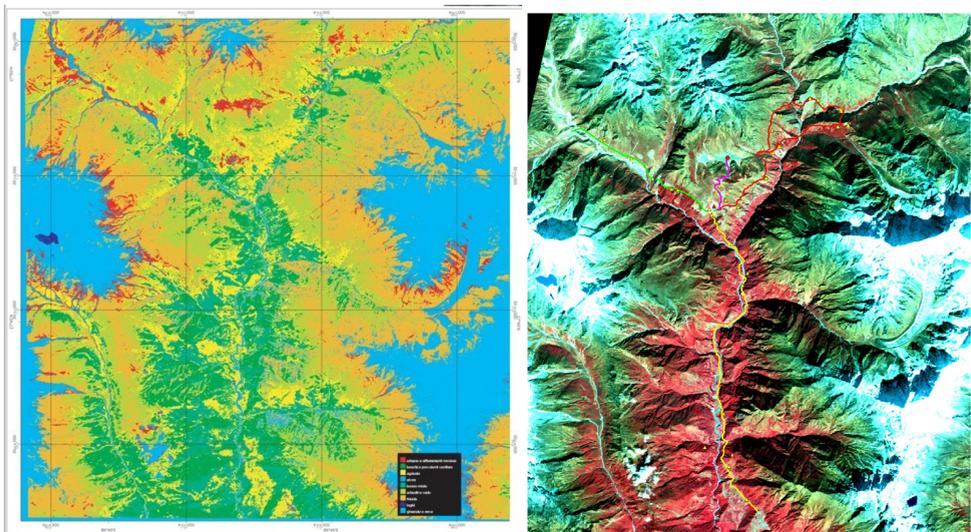


Fig. 1 – Sopra a sinistra, carta delle unità di copertura del suolo dell'area indagata (copyright Dipartimento di Economia, Finanza e Statistica, Università degli Studi di Perugia, 2008).

Fig. 2 – Sopra a destra, immagine ASTER con i percorsi di rilevamento.

## Lo sviluppo sostenibile e il capitale naturale

Punto di partenza per esplicitare la teoria del capitale naturale è l'analisi dei tre giudizi di valore che costituiscono le radici del concetto di sostenibilità: l'uguaglianza di diritti per le generazioni future; la giustizia internazionale; la trasmissione fiduciaria di una "natura intatta". Per quanto attiene al primo principio, viene affermato il diritto all'accesso alle risorse della Terra per gli individui che vivranno in futuro, assumendo, come uno dei principi guida dell'azione politica, la giustizia tra le generazioni. Non solo le generazioni future debbono poter godere di tale diritto, ma, all'interno della stessa generazione, l'uguaglianza delle possibilità a livello mondiale deve essere considerata un elemento costitutivo: ciascun individuo ha diritto ad un "ambiente intatto". La dimensione della giustizia internazionale pone, quindi, i fondamenti per un equilibrio di interessi tra i paesi sviluppati (il nord del pianeta) e i paesi sottosviluppati (il sud). Tuttavia, la trasmissione di una natura integra e sana del nostro pianeta alle popolazioni future – e veniamo al terzo principio, è oggetto di un delicato dibattito a livello internazionale: si tratta infatti di mantenere nel tempo quelle condizioni grazie alle quali l'attività umana può continuare nel suo trend attuale o, meglio ancora, può avere maggiori opportunità di sviluppo e benessere. Non è una banalità affermare che è necessario lasciare alle generazioni future un'eredità di ricchezza non inferiore a quella ereditata dalla attuale, posto che per ricchezza si intende un lascito di conoscenza, tecnologia, stock di capitale prodotto dall'uomo e stock di risorse ambientali. A tal proposito *Herman Daly*<sup>1</sup> – che possiamo considerare il padre della teoria dello sviluppo sostenibile – individua due principi di sostenibilità nella gestione delle risorse in base ai quali: la velocità di prelievo delle risorse deve essere uguale alla capacità di rigenerazione (rendimento sostenibile); la velocità di produzione dei rifiuti deve essere uguale alla capacità di assorbimento da parte degli ecosistemi in cui i rifiuti vengono immessi. Egli, inoltre, ritiene che la capacità di rigenerazione e la capacità di assorbimento debbano essere considerate alla stregua di "capitale naturale"; se non si riesce a mantenerle si ha consumo di capitale e, quindi, non sostenibilità. *Daly* abbandona dunque le certezze dell'economia classica ed il determinismo della "mano invisibile", affrontando il tema del mantenimento costante del capitale in due modi: a) invariabilità della somma tra il capitale naturale ed il capitale prodotto dall'uomo; b) invariabilità del valore di ciascuna singola componente. Il caso sub a) insegue la strada della cosiddetta sostenibilità debole e si basa sull'assunto che i due tipi di capitale siano sostituibili l'un l'altro; nel caso sub b), denominato invece sostenibilità forte, il capitale naturale e quello prodotto dall'uomo non sono considerati complementari. Molti economisti ritengono che la "sostenibilità debole" sia sufficiente: la società può dirsi sostenibile a condizione che gli stock aggregati di capitale naturale e manufatto non siano decrescenti; in altre parole, la sostenibilità debole permette di sostituire la dotazione naturale in esaurimento con quella prodotta dall'uomo<sup>2</sup>. La teoria tradizionale finisce così per assumere un atteggiamento ottimista riguardo alla sostenibilità, ottimismo rafforzato anche dalla fiducia nel progresso tecnico (già enunciata da *Keynes*), ritenuto capace di aumentare molto la produttività dei fattori. Nello specifico, il principio della sostenibilità debole stabilisce che un'economia è sostenibile se risparmia abbastanza da poter compensare il deprezzamento del capitale prodotto dall'uomo e del capitale naturale. In fin dei conti, ciò che conta è avere a disposizione i mezzi finanziari da investire – laddove è possibile – per il recupero dell'ambiente e per la produzione di nuovo capitale, in modo da compensare le perdite subite. È evidente quindi

<sup>1</sup> Herman Daly è uno dei critici più attenti dell'economia della crescita. Nato negli Stati Uniti nel 1938 è professore alla scuola di ordine pubblico dell'Università del Maryland. Prima di entrare come *senior economist* al Dipartimento Ambientale della Banca Mondiale dove ha contribuito a sviluppare la guida di riferimento alla politica dello sviluppo sostenibile, Herman Daly è stato professore di Economia all'Università Statale della Louisiana. È stato fondatore ed aiuto redattore del giornale *Ecological Economics*. Tra i vari saggi di particolare interesse è *Steady-State Economics* del 1977.

<sup>2</sup> Per cui, ad esempio, la perdita di reddito potenziale che fa seguito allo smantellamento di una foresta non costituisce un problema per l'economia se una parte dei proventi della liquidazione del capitale viene investita in fabbriche di potenziale economico equivalente; oppure è possibile costruire case a patto che ottengano un bilancio energetico positivo.

che, secondo tale approccio, danni anche gravi giudicati irreversibili potranno facilmente trasformarsi in “sostenibili”, purché il capitale prodotto crei un conseguente benessere generale. L’idea della sostenibilità forte evidenzia invece il fatto che capitale materiale e capitale naturale non sono assolutamente interscambiabili: ciascun capitale deve essere mantenuto intatto, perché la produttività dell’uno dipende direttamente dalla disponibilità dell’altro. Il concetto di sostenibilità forte, partendo dall’idea di “capitale naturale costante”, riconosce l’obbligo di astenersi dal provocare danni materiali irreparabili all’ambiente. Tale approccio afferma dunque l’infungibilità delle risorse naturali, poiché esse sono parte insostituibile del patrimonio a disposizione; al loro degrado non c’è rimedio e, quindi, non sono surrogabili neanche dall’incremento di altri valori, come quelli sociali o economici. Stock di capitale naturale non possono essere sostituiti da capitale prodotto dall’uomo e, soprattutto, il capitale naturale non deve essere considerato come semplice serbatoio cui attingere. Sappiamo ormai fin troppo bene che è un complesso di sistemi che espleta, tramite una delicata rete di equilibri, una molteplicità di funzioni – prime tra tutte il supporto alla vita. Se è vero che le due posizioni possono essere considerate alternative nel breve periodo<sup>3</sup> – poiché non propongono priorità differenti – è anche vero che le risorse naturali non sono indefinitamente sostituibili con quanto prodotto dall’uomo: ragion per cui, d’accordo con la tesi avanzata da *Daly*, a lungo termine la sostenibilità forte è l’unica strategia in grado di assicurare alle attività umane ed economiche di poter continuare ad esistere. A questo punto è lecito domandarsi quale sia il fattore limitante; ossia, è necessario individuare quale dei due - tra capitale naturale e capitale prodotto dall’uomo - sia disponibile in misura minore. Nel mondo contemporaneo è la risorsa naturale a diventare rapidamente il fattore limitante lo sviluppo, che si tenta quindi di risparmiare o di riciclare. Infatti, se accettiamo il fatto che il capitale naturale e quello prodotto dall’uomo non sono complementari e non possono sostituirsi l’un l’altro, allora ne consegue che il fattore in quantità minore sarà un fattore limitante. Nel tempo, in particolare dalla rivoluzione industriale in poi, si è passati da un mondo ricco di “capitale naturale” e scarso di “capitale prodotto dall’uomo”, ad un altro che, al contrario, è povero di “capitale naturale” ma ricco di “capitale prodotto dall’uomo”. Di conseguenza, lo sviluppo sostenibile richiede innanzi tutto che il capitale naturale sia rinnovabile e mantenuto intatto, inoltre, che sia possibile investire nel capitale naturale stesso attraverso la ricerca scientifica sui cicli biogeochimici globali, che costituiscono la base stessa della biosfera. *Daly* identifica, a questo proposito tre approcci: l’imperialismo economico, che si ha quando il sistema economico incorpora gli ecosistemi, mettendo i flussi materiali e di energia sotto l’influenza regolatoria dei prezzi; il riduzionismo ecologico, che si ha quando il sistema economico viene considerato come un sottosistema dell’ecosistema; lo stato stazionario, che si ha quando i flussi materiali e di energia tra l’economia e l’ambiente vengono regolati dalla sostenibilità. Oggi viviamo la transizione da “un’economia da mondo vuoto ad un’economia da mondo pieno”; in questa seconda accezione, tra capitale prodotto dall’uomo e capitale naturale, è quest’ultimo ad essere il fattore limitante, cosa che non era prevista nella valutazione della crescita economica secondo l’economia classica. Lo sviluppo sostenibile richiede che il capitale naturale rinnovabile sia mantenuto intatto. Questa condizione si verifica solamente quando i flussi di materiali e di energia tra economia e ambiente sono limitati dalla “sostenibilità forte”; in questo caso si parla di “stato stazionario”. Relativamente alla categoria delle risorse non rinnovabili, queste non possono essere mantenute intatte, a meno di non rinunciare al loro uso. È tuttavia possibile fruttare tali risorse in maniera “quasi sostenibile”, graduandone la rapidità di sfruttamento secondo la velocità di creazione di validi sostituti rinnovabili. In questo campo, ogni investimento nello sfruttamento delle medesime, deve venire sempre controbilanciato da un investimento compensativo in un sostituto rinnovabile<sup>4</sup>.

---

<sup>3</sup> Lo stesso Herman Daly sostiene che la sostenibilità debole può rappresentare un primo passo verso la sostenibilità forte.

<sup>4</sup> Ad esempio in caso di estrazione del petrolio, questa deve essere bilanciata dalla coltura di alberi che consentono di produrre alcol da legna.

## **Proposta metodologica per il calcolo del capitale naturale per il P.N. del Sagarmatha**

### **Parte prima: elaborazione dei questionari somministrati alla popolazione autoctona del Parco Nazionale del Sagarmatha**

Zona di riferimento: *Namche Bazar, Thame, Phortse* (Valle del *Khumbu* – altitudine: 3500 – 4000 m ). Campione di 20 soggetti intervistati. Anno 2006, mese di ottobre. I dati raccolti nel sondaggio svolto in Nepal ed avente come oggetto lo studio e la valutazione degli impatti ambientali delle attività agricole e zootecnica nel Parco Nazionale del *Sagarmatha*, hanno rivelato una uniformità nelle pratiche svolte dalle popolazioni locali riguardanti l'uso del suolo. I paesi presi in considerazione nella Valle del *Khumbu, Namche Bazar, Thame e Phortse*, hanno una dimensione sufficientemente estesa rispetto alla media dei paesi presenti nel Parco. Le zone oggetto dello studio sono popolate da circa 300 abitanti e presentano un flusso turistico notevole. Il sistema di conduzione delle "aziende agricole" è di tipo diretto dal conduttore; ci si avvale di manodopera familiare. Nel caso in cui nei "lodge" venga offerta ospitalità ai turisti ci si avvale anche di manodopera occasionale per la gestione della casa. Il conduttore è generalmente una donna, dal momento che i componenti di sesso maschile della famiglia sono impegnati nel turismo in qualità di guide per il trekking nel Parco. I paesi considerati si trovano in zone pianeggianti; gli appezzamenti di terreno di cui dispone la popolazione sono di piccole dimensioni e possono essere paragonati ad orti familiari; i confini sono tracciati da divisorii in pietra. In riferimento all'utilizzazione dei terreni, la coltivazione principale è costituita da patate ed in misura minore si coltivano cavoli, aglio e carote. Non sono presenti coltivazioni di legumi e cereali. La terra viene lavorata senza mezzi meccanici data l'impossibilità di acquisire apparecchi meccanici per le limitate risorse finanziarie della popolazione nepalese e la difficoltà nel far pervenire tali mezzi ad una altitudine di m. 3.500 o più. La fertilizzazione dei terreni si realizza con concime naturale di origine animale proveniente dai bovini. L'irrigazione dei terreni si compie in modo naturale attraverso lo scioglimento della neve caduta nei periodi freddi. I prodotti che gli abitanti dei paesi in considerazione ottengono dalla terra di norma non vengono commercializzati perché sono appena sufficienti per il proprio fabbisogno. La commercializzazione parziale dei beni prodotti avviene solo verso i proprietari di *lodge* che offrono vitto e alloggio ai *trekkers* e la cui produzione non è sufficiente nei periodi di maggior flusso turistico. La superficie agraria non utilizzata viene usata per il pascolo dei bovini (*Yak e Nak*). La consistenza di bovini che ogni nucleo familiare possiede è pari a 5 capi di bestiame; non sono presenti ricoveri per animali. La produzione del latte e del formaggio è una pratica che ha preso piede presso i nepalesi da pochi anni a questa parte e quindi molto limitata. Il taglio del bosco è di tipo intensivo e la superficie media utilizzata dichiarata è di 1 Ha. procapite per anno solare.

### **Parte seconda: proposta della griglia di riferimento**

Il lavoro fin'ora svolto servirà così ad enucleare una prima matrice di calcolo dei servizi ecologici (o matrice di capitale naturale), secondo la teoria della sostenibilità forte. Per questo approccio, che noi condividiamo, l'economia non è più basata su due parametri, il lavoro e il capitale, ma su tre: il "lavoro", il "capitale naturale" ed il "capitale prodotto dall'uomo", intendendo per "capitale naturale" l'insieme dei sistemi naturali (mari, fiumi, laghi, monti, foreste, flora, fauna, territorio), ed anche i prodotti agricoli, i prodotti della pesca, della caccia e della raccolta. La dottrina si divide sulla collocazione da dare al patrimonio artistico-culturale presente in una area ricca di capitale naturale ed evidentemente legata ad esso, quale quella del *Sagarmatha*. Nell'economia classica, il capitale rientra tra i tre fattori produttivi, insieme alla terra e al lavoro. Tradizionalmente, si riteneva che formassero il capitale tutti gli oggetti fisici strumentali all'attività d'impresa (edifici, macchinari, risorse che vengono utilizzati nell'attività produttiva). Negli ultimi decenni, la nozione di capitale è andata ampliandosi, includendo anche altri fattori e suscitando un complesso dibattito tra gli economisti, che si sono sbizzarriti nell'elaborare nuove classificazioni. Si è cominciato a parlare del

capitale finanziario, del capitale intellettuale (essenzialmente costituito dai brevetti), del capitale umano (personale altamente qualificato ed investimenti aziendali in formazione) e del capitale naturale (l'insieme delle risorse naturali ed il loro valore). Collegata alla nozione di capitale, c'è quella di reddito, inteso come guadagno (incremento), in termini monetari, in un lasso temporale definito. Un modo semplice e rapido di produrre reddito, per chi dispone di capitale, è quello di venderlo o di consumarlo velocemente per produrre beni facilmente monetizzabili (vendita di legname, abbattendo tutti gli alberi della propria terra, ad es.). Delle diverse forme di capitale citate, l'unica che può rigenerarsi o aumentare il proprio valore senza l'intervento umano è proprio il capitale naturale. A lungo, sullo slancio della rivoluzione industriale, le aziende e gli Stati hanno operato come se il capitale naturale fosse in qualche modo inesauribile e, quindi, non soggetto a depauperarsi in modo a volte irrecuperabile (estinzioni). Altra caratteristica peculiare del capitale naturale, è che solo una sua minima parte è oggetto di diritti di proprietà e, dunque, valutato economicamente, mentre in gran parte esso è pubblico, con la conseguenza che la sua salvaguardia è demandata agli Stati o non è in alcun modo garantita. Attingere al capitale per produrre reddito, può essere necessario e vantaggioso per l'azienda nel breve periodo, ma se erode permanentemente il capitale, ne mette in pericolo la sopravvivenza stessa. Se passiamo dal capitale aziendale, al capitale naturale mondiale, il concetto di base non muta, ma le conseguenze della perdita di capitale diventano più estese e più gravi, fino a mettere a repentaglio il futuro stesso dello sviluppo, prima, e della stessa sopravvivenza, poi, del genere umano. L'uomo si avvale dei flussi di materia ed energia, immagazzinati nel capitale naturale e, combinandoli con le altre forme di capitale (quelli prodotti dall'uomo e quello proprio dell'uomo), produce ricchezza per se stesso e, se opera bene, anche per la natura (diseconomie esterne positive). La natura offre senza sosta i suoi servizi, quali ad es. la regolazione del clima, la formazione di suolo, l'impollinazione, il riciclo dei nutrienti, l'aria, l'acqua, la fauna e la flora ecc., che, comunemente, non vengono contabilizzati fra i beni che contribuiscono al nostro benessere e sono considerati invece "liberi". Questi servizi, che sono identificati come "ecologici", derivati dal capitale naturale che li produce, contribuiscono invece alla prosperità umana, sia direttamente che indirettamente, e rappresentano la gran parte del valore del pianeta in cui viviamo. L'offerta di questi servizi di base è costantemente garantita da un ambiente sano e può prescindere dalla domanda; la disponibilità di questi servizi diventa però assolutamente indispensabile (domanda) quando dai medesimi dipende la vita dell'uomo e quando da essi, col suo lavoro, egli ricava qualunque tipo di bene. Per una corretta gestione degli stessi, risulta quindi indispensabile calcolarne il reale valente economico. La valutazione del capitale naturale può essere realizzata sia su scala globale che locale. Il metodo di calcolo richiede la suddivisione del sistema da analizzare nei vari ecosistemi che lo costituiscono e l'individuazione dei principali servizi che questi forniscono.

Chiarito questo, riteniamo si debba quindi procedere alla costruzione di una matrice (che identifichiamo come "matrice di calcolo dei servizi") in cui, nelle colonne andranno riportati i valori di un singolo servizio per i diversi ecosistemi presi in considerazione, in modo che lungo ogni singola riga siano poi invece rilevabili i valori dei differenti servizi appartenenti ad uno stesso ecosistema. Il valore complessivo del capitale naturale potrebbe essere così dato dalla somma dei valori presenti su tutte le righe e su tutte le colonne. Per il nostro caso di studio, consideriamo che si debba effettuare l'inserimento nelle righe della tabella delle classi di legenda a cui, in conseguenza della realizzazione della carta delle unità di copertura del suolo, corrisponde già una specifica estensione di superficie, la quale dovrà a sua volta coincidere con quella utilizzata in qualche modo dalla popolazione intervistata. Teniamo ad informare il lettore della bontà del procedimento proposto, anche se tutt'ora sperimentale e sicuramente bisognevole di miglioramenti. Per mancanza di spazio, nonché per la parziale incongruenza col tema di questo lavoro, giudichiamo inappropriato riportare qui una dimostrazione estesa del medesimo. Di conseguenza, ci riserviamo di procedere ad una successiva pubblicazione delle simulazioni eseguite.

## Conclusioni

La valutazione del capitale naturale, cioè la stima di quanto la natura contribuisce alla produzione di benessere per l'uomo, è uno dei metodi di contabilizzazione ambientale più innovativi in campo scientifico e si presta particolarmente bene a definire una politica di pianificazione economica territoriale e di sviluppo sostenibile. Come visto, i metodi di calcolo di un singolo servizio dell'ecosistema sono svariati e si differenziano a seconda del servizio considerato. Generalmente viene considerato o il valore di mercato, o il prezzo, o il ricavo netto. Altrimenti, il valore del servizio dell'ecosistema può essere stimato considerando la disponibilità degli individui a pagare per quel determinato servizio (*willingness-to-pay*, *WTP*). Sempre rapportando tutto al caso oggetto della nostra indagine, riteniamo maggiormente praticabile un calcolo che accolga contemporaneamente tutti i metodi suesposti, riconducendoli alla specificità delle singole voci e tenendo bene a mente che il computo riguardante la superficie urbanizzata è per la maggiore negativo (si escludono le poche opere umane ivi presenti ed aventi un valore culturale, quali i templi e le abitazioni tipiche; vedi sopra) e va dunque portato a sottrazione del valore complessivo enucleato. Realizzato questo primo passaggio di prova, sarebbe importante estendere la simulazione, previa intervista, alla massa dei turisti che ogni anno transita nel parco e che, come abbiamo visto, porta notevoli scompensi ambientali; per fare questo, però, i fondi attualmente disponibili alla nostra unità di ricerca sono assolutamente inadeguati. Vieppiù, il limite principale del processo di calcolo del capitale naturale qui presentato è individuabile nel fatto che, inevitabilmente, viene realizzata una fotografia statica di quello che è invece un complesso sistema dinamico. Quindi, al fine di proseguire correttamente con questa metodologia, è fondamentale considerare sia argomenti economici, primo fra tutti la valutazione del capitale naturale, che argomenti etici ed, in particolare, la valutazione di come cambiamenti qualitativi e quantitativi dei servizi degli ecosistemi possano modificare i costi e i benefici associati alle attività umane, che, infine, il contesto temporale. Per concludere, l'analisi proposta ambisce a determinare a livello territoriale il contributo dei beni e dei servizi che la natura offre quotidianamente per mantenere e migliorare il benessere di ogni singolo abitante della Terra. Proprio perché siamo soliti interpretare ogni evento in termini economici, riteniamo si tratti di un indicatore molto immediato che, se reiterato nel tempo e rapportato alla quantità dei beni utilizzati ed all'evoluzione dei costumi, permette di individuare le azioni che realizzano reali vantaggi per l'uomo e per la natura.

## Bibliografia

Baroni A, Boselli A.M., Caravello G.U., Scipioni A. (1994) – Sviluppo del turismo in Nepal: il problema della sua sostenibilità, sta in atti del convegno internazionale *Ambiente e turismo: un equilibrio multimodale*, Arcavata di Rende;

Casciarri D., Luciani F. (2009) - Economia del turismo e pianificazione economica territoriale nel Parco Nazionale del Sagarmatha, sta in *Economia agraria e pianificazione economica territoriale nel Parco Nazionale del Sagarmatha (Everest, Nepal)*, Quaderno n. 66 del Dipartimento di Economia, Finanza e Statistica dell'Università degli Studi di Perugia, 44-76;

Georgescu-Roegen (2003), - *Bioeconomia: verso un'altra economia ecologicamente e socialmente sostenibile*, Bollati Boringhieri, Torino;

Luciani F., Micheli S. (2009) - Ipotesi di pianificazione economica territoriale nel Parco Nazionale del Sagarmatha, sta in *Economia agraria e pianificazione economica territoriale nel Parco Nazionale del Sagarmatha (Everest, Nepal)*, Quaderno n. 66 del Dipartimento di Economia, Finanza e Statistica dell'Università degli Studi di Perugia, 77-102.