

ALESSANDRA LA NOTTE

# *L'utilità dei conti ambientali georeferenziati in una procedura decisionale a livello locale: applicazione sulla biomassa arborea nei boschi del Trentino*

## *Introduzione*

L'ambiente naturale è complesso: nessun elemento che lo costituisce può essere infatti considerato isolatamente dal momento che esiste una mutua relazione fra ogni componente ambientale a diversi livelli sia spaziali che temporali.

Affrontare le tematiche ambientali per i decisori politici rappresenta quindi una grande sfida. Perché siano a loro disposizione informazioni che descrivano la situazione ed evidenzino di volta in volta i problemi da risolvere, occorre utilizzare sistemi in grado di captare i diversi aspetti e caratteristiche legati all'ambiente ed, in particolare, all'interazione fra sfera economica e sfera ambientale. Difficilmente si avrà a che fare con un singolo metodo di analisi o strumento informativo: è più plausibile ricorrere ad un insieme di strumenti e a metodi che permettano lo scambio di informazioni fra diversi agenti/organizzazioni. Edificare una base di lavoro comune sarebbe da prediligere ad esercitazioni *ad hoc* ad opera di pochi esperti che agiscono isolatamente (FUNTOWICZ, 1999).

Lo scopo di questo lavoro è proporre uno strumento integrato che combini gli elementi spaziali delle risorse naturali, che ne specificano caratteristiche chimiche, fisiche e

biologiche, con una struttura ed un linguaggio atti a "tradurli" in termini economici per arrivare ai decisori politici, fautori delle politiche economico-ambientali.

Lo strumento economico di riferimento qui utilizzato è la contabilità ambientale. Tale scelta è giustificata da molti fattori:

- sfruttando una struttura contabile già esistente, la contabilità ambientale garantisce una base standard comune: per la logica di compilazione, per l'utilizzazione dei dati e per la loro comparazione;
- si tratta di un sistema regolare e continuo di raccolta ed elaborazione dati che utilizza fonti informative in gran parte già esistenti e la cui struttura è ormai testata e pronta per essere istituzionalizzata;
- in relazione alle tematiche trattate, la contabilità ambientale si caratterizza per un sufficiente grado di flessibilità.

La contabilità ambientale risulta essere uno strumento idoneo per "dialogare" con il mondo economico, in quanto adopera lo stesso linguaggio ed i suoi *output* sono forniti in un formato ad esso "familiare". Da un diverso punto di vista, relativo all'idoneità della contabilità ambientale nei confronti della "materia ambientale" trattata, possono esserci diverse perplessità soprattutto da parte di chi proviene dalla sfera delle scienze ambientali e naturali. Si dubita

infatti che basti svolgere una serie di operazioni algebriche su semplici dati numerici per cogliere la reale dimensione naturale dei fenomeni. Per fare ciò, sarebbe importante includere, fra le altre cose, le caratteristiche ambientali e territoriali specifiche.

Per questo motivo si è deciso di sperimentare un'integrazione fra contabilità ambientale e tecniche GIS per costruire dei conti ambientali georeferenziati che allo stesso tempo: seguano il formato economico-contabile e includano quelle caratteristiche legate al territorio che rendono il "dato ambientale" più credibile.

### *I Conti Ambientali Geo-Referenziati: cosa sono e a cosa servono*

La contabilità ambientale nasce con l'intento di completare ed integrare i tradizionali sistemi di contabilità (sia a livello nazionale che d'impresa) al fine di includere le interazioni delle attività economiche con l'ambiente e viceversa, dal momento che ignorare tali aspetti può portare a pericolose interpretazioni.

Prendendo come riferimento il Manuale SEEA<sup>1</sup> (LONDON GROUP, 2003), si può riassumere che il Sistema dei Conti Nazionali (*System of National Accounts*, SNA) può essere integrato, dal punto di vista delle tematiche ambientali, attraverso i cosiddetti conti satellite<sup>2</sup>. All'interno del SEEA i principali gruppi di conti che si possono distinguere sono: i conti relativi alle risorse naturali (*stock accounts*), i conti relativi ai flussi di inquinanti, all'energia e materiali (*flow accounts*), i conti relativo alle spese di protezione ambientale (*economic accounts*) ed infine le procedure di valutazione economica del degrado ambientale e l'elaborazione

di un macroaggregato economico ambientalmente corretto (PIL verde).

Le possibili utilizzazioni ipotizzate per i risultati derivanti dai vari moduli di contabilità ambientale spaziano: dalla quantificazione dei flussi fra attività economiche ed ambiente per elaborazioni statistiche complesse, all'analisi settoriale e la programmazione politica a livello macroeconomico, alla pubblicizzazione dei dati ed indicatori più rilevanti da parte di gruppi ambientalisti (HECHT, 2000). Nel Manuale SEEA, viene fatta una chiara distinzione fra possibili usi e relative competenze richieste. Sono infatti distinte: la compilazione di statistiche descrittive ed indicatori allo scopo di *monitorare l'impatto delle attività economiche* sull'ambiente; l'analisi economica dei dati ed il loro utilizzo ai fini della *programmazione strategica ed implementazione della politica prescelta*. Mentre nel primo caso l'attività di "monitoraggio" può essere effettuata dai rispettivi uffici di statistica, nel secondo caso si auspica l'intervento di appropriati istituti di ricerca economica.

Un GIS può essere definito come un'applicazione software costituita da più moduli, che permettono di acquisire, memorizzare, controllare, integrare, elaborare e rappresentare dati con riferimenti spaziali a mappe digitate o immagini satellitari. Viene quindi introdotta la dimensione spaziale: non si tratta di semplici dati numerici bensì di dati geografici, con un valore nel tempo e nello spazio, costruito su un insieme di coordinate geografiche. Come schematizzato da Bateman *et al.* (2002) il contributo dei GIS all'economia dell'ambiente può riassumersi nella capacità di: identificare la presenza di determinate caratteristiche in una specifica locazione spaziale, localizzare determinate tipologie di caratteristiche, quantificare le relazioni spazio-tempora-

<sup>1</sup> Si tratta del *System of Integrated Environmental and Economic Accounts* proposto in *primitis* dall'Ufficio Statistico dell'ONU (1993) e poi rielaborato dagli esperti del London Group (2003). Si basa sull'introduzione di conti satellite intorno alla struttura base del SNA.

<sup>2</sup> Il vantaggio di questa tipologia di conti, che si aggiunge a quelli centrali della struttura, risiede nel fatto che il SNA non viene modificato. I conti satellite sono detti "interni" quando vanno a disaggregare e riorganizzare delle voci già presenti nelle transazioni registrate all'interno del SNA; sono detti "esterni" quando vanno ad aggiungere *in toto* conti di stock o flusso non contemplati nel tradizionale SNA.

li, identificare i sentieri spaziali ottimali, identificare le combinazioni rilevanti nelle ripartizioni spaziali, creare zone *buffer*, permettere la previsione di scenari ipotizzando delle variazioni.

La contabilità ambientale ed i sistemi georeferenziati sembrerebbero non avere nulla in comune. Tuttavia un punto di raccordo è da leggersi nella prospettiva di un flusso di informazioni in un processo decisionale da attuare in un'ottica di sviluppo sostenibile: si tratta infatti di due processi intermedi, funzionali all'ottenimento di un'informazione di contenuto ambientale e di forma economica. Il contenuto ambientale è garantito:

- dalla fonte dei dati, per i quali si ricorre ai sistemi informativi ambientali e le rispettive reti di monitoraggio, alle immagini satellitari, al lavoro degli enti pubblici ed istituti di ricerca che si occupano di tematiche ambientali;
- dall'inserimento ed elaborazione dei dati nei GIS, che, grazie ai database georeferenziati, alla classificazione di campi specifici caratteristici, alle funzionalità analitiche applicabili, permettono di elaborare dati geografici intrinsecamente legati al territorio.

Il formato economico è garantito da:

- la struttura dei conti ambientali, che parte dal tradizionale sistema di conti nazionali e quindi è coerente in termini di forma e tipologia di risultati;
- la valutazione, là dove possibile ed auspicabile, in termini monetari, che rende paragonabili ed utilizzabili simultaneamente variabili economiche ed ambientali.

In termini di "ordine cronologico" ha senso ipotizzare che l'elaborazione di dati geografici ambientali è preliminare alla classificazione contabile. In questa prospettiva il GIS diventa lo strumento necessario per i dati da introdurre nel sistema di contabilità, inteso come mezzo per fornire le informazioni necessarie al decisore politico.

L'ambiente in generale e le risorse naturali in particolare sono intimamente connesse con la dimensione "spazio". La struttura spaziale diviene elemento costituente di una branca dell'economia, l'econometria spaziale, insieme con la teoria

economica, la matematica e la statistica (BATEMAN *et al.*, 2002). Nel contesto specifico dell'economia dell'ambiente, lo spazio, in termini di "distanza" riveste un ruolo principale delle metodologie di valutazione relative al "costo del viaggio" (ROSENTHAL *et al.*, 1986 and BATEMAN *et al.*, 1996) ed ai "modelli edonistici" sul prezzo delle proprietà (LAKE *et al.*, 1998 and BATEMAN *et al.*, 1996). Sulla base di quanto realizzato fino a questo momento s'è potuto constatare un approccio sostanzialmente differente fra geografi ed econometrici. I primi tendono a considerare lo spazio come una dimensione che spiega il problema studiato; ciò permette loro di usare i dati geografici in modo "creativo" (BATEMAN *et al.*, 2002). I secondi tendono a considerare la distribuzione nello spazio come un limite, un vincolo, un fattore esogeno da controllare; ne risulta quindi una visione più rigida e fortemente funzionale del dato spaziale. Rispetto agli usi tradizionali dei GIS nell'economia dell'ambiente, la proposta qui menzionata (di integrare i database GIS con i sistemi di contabilità ambientale) va oltre la singola metodologia o lo studio *ad hoc* per fungere da strumento di base da usare con gli strumenti economici analitici più adatti, a seconda del caso trattato. Quindi, i moduli contabili adoperati, e di conseguenza i dati georeferenziati in essi usati, varieranno di volta in volta. In un certo senso si cerca di combinare l'attitudine creativa apportata dai GIS con la funzionalità della contabilità ambientale.

Si ritiene che le potenzialità di utilizzo dei GIS nell'ambito specifico della contabilità ambientale siano innumerevoli. Come punto di partenza per l'integrazione fra GIS e conti ambientali, le principali funzionalità GIS sono state ricondotte a tre filoni principali di utilizzo nell'ambito della contabilità ambientale come schematizzato in tabella 1.

Le possibili utilizzazioni dei conti ambientali georeferenziati possono potenzialmente abbracciare tutti i livelli amministrativi: dal contesto locale a quello globale. Il livello locale può spaziare dalla città, al co-

Nuovi usi proposti	Problematica affrontata	Vantaggi dei conti geo-referenziati	Commenti
Valutazione economica dei beni e servizi ambientali	<p>Un terreno di scontro fra gli stessi esperti di contabilità ambientale consiste nella valutazione monetaria delle grandezze fisiche relative ai beni ambientali. Cancellare il passaggio di traduzione delle tabelle contabili da diverse unità di misura fisiche ad una comune unità monetaria, che permette il raccordo fra i conti di diverse componenti della stessa risorsa e fra diverse risorse e fra conti economici ed ambientali, priverebbe lo strumento "contabilità ambientale" di uno dei suoi contributi più utili ed originali.</p>	<p>Il valore economico di una stessa risorsa varia a seconda delle aree di provenienza, per la diversità delle specie, nonché delle caratteristiche fisiche dell'area di origine che ne influenzano consistenza e qualità. Localizzare una risorsa significa riconoscere le caratteristiche intrinseche della risorsa stessa e sulla base di queste attribuire l'appropriato valore economico. Un DB georeferenziato permette di localizzare, caratterizzare l'oggetto in analisi e, sulla base delle informazioni specifiche ottenute, approdare ad una valutazione specifica strettamente legata alla natura del territorio.</p>	<p>Per i beni ambientali privi di un prezzo di mercato diretto, la localizzazione spaziale, e con essa le caratteristiche fisiche del bene in questione, influisce in misura ancora maggiore nella stima di un prezzo ombra. Inoltre vanno considerati anche i criteri ecologici come: dimensioni, forma, uniformità, connessione, distanza, diversità del patrimonio naturale delle specie e dell'habitat, presenza di corsi d'acqua, ed assenza di interferenze da parte dell'uomo. Utilizzando sistemi GIS è possibile identificare e classificare tali criteri ecologico/paesaggistici.</p>
Analisi delle Cause Primarie	<p>Rintracciare le cause primarie dei danni ambientali è un fine importante, oggetto di molte indagini conoscitive. La presenza di attività economiche che originano residui indesiderati è un dato utile così come sapere le modalità ed i tempi di diffusione e deposizione dei residui nonché la loro composizione chimica e in quali tempi avvenga il degrado ambientale.</p>	<p>La contabilità ambientale ha fra i suoi scopi principali, quello d'individuare le cause del danno ambientale provocato dalle attività economiche. In quest'ottica di analisi, disporre di dati geografici costituisce un valido strumento d'indagine da integrare nelle valutazioni contabili.</p>	<p>Ad esempio, per le emissioni relative ai trasporti, la localizzazione spaziale di strade ed autostrade è un elemento indispensabile per una valutazione realistica, così come gli scarichi di residui in aria ed acqua e le variazioni di copertura ad uso del suolo.</p>
Collegamento dei modelli ambientali ed economici	<p>Le elaborazioni più comuni in campo ecologico sono relative: ai modelli di diffusione di inquinanti e deposizione di residui, all'influenza delle pratiche d'uso del suolo su, ad esempio, la qualità dell'acqua, alle variazioni delle condizioni dell'habitat dovute alle pratiche di gestione delle risorse naturali. Non esiste integrazione dei risultati ottenuti nell'ambito della sfera economica.</p>	<p>È tramite l'utilizzazione dei GIS che le informazioni derivanti da più o meno complessi sistemi e modelli ambientali sono introdotte a costituire i dati di partenza, nonché evidenziare la presenza di situazioni e condizioni critiche. Tali dati sono poi elaborati, valutati e tradotti secondo schemi economici per essere <i>input</i> in processi decisionali economici.</p>	<p>Integrare gli <i>output</i> di indagini e modelli ambientali nei dati che saranno poi la base delle elaborazioni di politiche economiche può costituire un punto di contatto fra due sfere, quella economica e quella ambientale, molto spesso divergenti. L'impiego di database georeferenziati permetterebbe di utilizzare dati complessi e dinamici, così come complessa e dinamica è la realtà ambientale. I sistemi di contabilità ambientale permetterebbero di tradurre tale realtà in termini compatibili con gli strumenti di analisi tradizionali tipici delle fasi di programmazione e controllo in materia di politica economica ed economico-ambientale</p>

Tab. 1- Le innovazioni apportabili attraverso l'uso di conti ambientali georeferenziati.

mune, alla provincia. La definizione di "regione" ha connotazioni ecologico-ambientali piuttosto che politiche. La distinzione fra micro-regioni e macro-regioni dipende dall'estensione dell'area in questione: le micro-regioni saranno, ad esempio, bacini idrici, siti forestali, ecc. le macro-regioni possono essere zone bioclimatiche o vasti ecosistemi, ecc. I conti ambientali georeferenziati come strumenti di analisi e gestione possono avere largo uso ai livelli locale e microregionale. Le possibilità d'utilizzo dipendono da quanta autonomia decisionale detengono le autorità locali. Infatti la possibilità di pianificare strategie, azioni e progetti, e di disporre di un proprio budget rende il significato dei dati operativo. Saranno necessarie elaborazioni dettagliate relative a caratteristiche specifiche. In termini di valutazione monetaria si eviterebbero stime inaccurate che derivano dalla generalizzazione. I conti ambientali georeferenziati come strumenti di analisi e gestione giocano ancora un ruolo mediamente importante a livello nazionale, in quanto si aggregano le valutazioni effettuate a livello locale. È più affidabile un valore generale che somma valori specifici piuttosto che calcolare un'unica stima generale (poi eventualmente da disaggregare). Questo concetto è particolarmente valido per le risorse naturali, che, all'interno di uno stesso paese, possono essere molto differenti. Tuttavia ciò che può essere calcolato a livello locale e micro-regionale, basandosi su caratteristiche specifiche, può essere applicato ad altri contesti con simili caratteristiche.

### *Applicazione al caso delle foreste nella Provincia Autonoma di Trento*

L'oggetto dell'applicazione di questo lavoro è costituito dalle foreste situate nella Provincia di Trento. La gestione forestale nella PAT dipende dal Piano Generale Forestale (PGF). Il principale strumento del PGF è costituito dai piani di assestamento. Per ciò che concerne superficie arborea, la tipologia di governo forestale prevalente

riconoscibile è costituita dalla fustaia, presente sul territorio per il 78%, che domina sul ceduo presente sul territorio per il 22%. Il numero di particelle a fustaia, risultante dalla "Carta delle Formazioni Forestali in Trentino" (SERVIZIO FORESTE, 2000c) risulta essere pari a 14.270, il numero delle particelle a ceduo risulta essere pari a 2.954, mentre il numero delle particelle adibite a pascolo ed improduttivo risulta rispettivamente 1.949 e 495. Considerando la presenza dominante della fustaia sul territorio, si ritiene opportuno concentrare la sperimentazione relativa al bilancio forestale sulle particelle la cui classificazione culturale è "fustaia". L'Ufficio Assestamento Forestale realizza ogni anno, a partire dal 1999, il CD-rom sui "Dati della Pianificazione Forestale" (PEF). Si tratta di una fonte di informazione notevole che ha costituito il punto di partenza dell'applicazione che segue. Da altri uffici della sede centrale del Servizio Foreste è possibile trarre altri dati utili all'applicazione: dall'ufficio Lavori Forestali è possibile ottenere database georeferenziati relativi agli incendi, e dall'Ufficio Vincolo Idrogeologico è possibile avere dati relativi alle trasformazioni culturali. Tuttavia le informazioni fornite dal Servizio Foreste, sebbene costituiscano il nucleo di partenza per l'applicazione, non sono esaustive. Esigenze informative richiedono dati relativi alle variazioni del patrimonio forestale dovute a cause economiche, e quindi verosimilmente alla commercializzazione dei prodotti legnosi, ed ad altre cause, che possono essere biotiche o abiotiche. Nel primo caso, un ruolo importante è giocato dal Progetto Legno, posto in essere dalla Camera di Commercio Industria Artigianato ed Agricoltura (CCIAA), con lo scopo di sviluppare i mercati del legname e valorizzare la risorsa forestale nella PAT. Per quello che riguarda le cause naturali che causano variazioni nelle foreste Trentine, sia va dai danni provocati da insetti e funghi (biotiche), a quelli dovuti a schianti o catastrofi naturali come frane e valanghe (abiotiche). Lo stato fitosanitario delle foreste è monitorato dall'unità operativa

Foreste del Dipartimento Risorse naturali ed Ambientali che fa capo al Centro Sperimentale dell'Istituto Agrario di S.Michele all'Adige. Nel caso dei danni fitosanitari si dispone di un database georeferenziato. Eventi catastrofici come frane e valanghe, dal punto di vista di dati e misurazioni, sono patrimonio informatico del Servizio Geologico (per quello che riguarda le frane) e dell'Ufficio Neve Valanghe e Meteorologia (per quello che riguarda le valanghe). All'Ufficio Neve Valanghe e Meteorologia si elaborano su supporti GIS carte delle probabili localizzazioni delle valanghe e si compila e gestisce il catasto delle valanghe.

L'applicazione proposta riguarda le funzioni di pianificazione strategica e si è scelto di operare su un'area nel Distretto Forestale di Trento, dove dal 1999 al 2002 hanno avuto luogo variazioni d'uso del suolo. Si ipotizza l'opportunità di rimboschire tale area e si vuole quindi valutare il vantaggio dal punto di vista economico (funzione produttiva) ed ambientale (fissazione carbonio e grado di naturalità) di rimboschire l'area a discapito, in alcuni casi, del pascolo.

Per l'applicazione che ci si propone si farà ricorso ai moduli contabili relativi alla copertura del suolo ed ai bilanci forestali relativi alla funzione produttiva ed all'assorbimento del carbonio. La tabella 2 riporta la matrice di variazione della copertura del suolo (dal SEEA), che consente di individuare esattamente le quantità di ettari che sono passati da una copertura, all'interno delle classi colturali forestali, all'altra. Le variazioni riguardano non solo la destinazione diversa delle particelle da una tipologia colturale all'altra, ma anche l'estensione delle particelle che conservano la loro destinazione originaria. Il dato relativo alle nuove acquisizioni per ogni tipologia forestale è riportato esplicitamente.

Va tuttavia sottolineato che per riscontrare variazioni significative occorrerebbe lavorare con dati che coprono una differen-

za temporale pari almeno ad un decennio. Nel caso qui trattato è possibile utilizzare dati che coprono una differenza temporale di tre anni, in quanto la prima realizzazione GIS del PEF risale al 1999. Si giustifica in questo modo come le variazioni, in termini di variazione di copertura del suolo, siano minime. È opportuno puntualizzare che la quantità e qualità delle informazioni ottenute dipende dal database che si manipola. Un database con poche informazioni o limitato a determinate tipologie colturali sarà limitato alla trattazione consentita.

I moduli contabili prescelti per redigere i bilanci forestali sono quelli inclusi nel IEEAF<sup>3</sup> (EUROPEAN COMMISSION, 1999). Il database del PEF ha costituito il database di partenza per l'elaborazione dei dati. Tuttavia quest'ultimo è stato integrato con i database relativi agli incendi, ai danni provocati da insetti e alle valanghe. Le categorie presenti nel database sono: produttiva, protettiva, produttiva con funzione turistica e protettiva con funzione turistica. Il totale è dato dalla somma di queste quattro categorie. Per il prelievo è stato ritenuto che la voce "ripresa" rappresentasse una buona approssimazione. Va tuttavia precisato che la legna da ardere non è una voce inclusa. La variazione economica è stata calcolata come somma della provvigione iniziale ed incremento lordo a cui è stata sottratta la ripresa. Le altre variazioni dipendono da altre cause, distinguibili in: biotiche (come ad esempio i danni provocati dagli insetti) e abiotiche (come ad esempio incendi e valanghe). Per calcolare il valore economico, sono stati adoperati i valori medi dei prezzi di mercato elaborati dal Servizio Foreste nel Rapporto Annuale (SERVIZIO FORESTE, 2002). I metri cubi di legna prelevata (che nella nostra ipotesi coincidono con la ripresa) sono stati moltiplicati per la media del prezzo intero di mercato ed i metri cubi che rientrano nella categoria "variazione economica" + "altre variazioni" moltiplicate per  $\frac{1}{2}$  della media del prezzo di mercato (MERLO E RUOL, 1994). Per calcolare il valore totale

<sup>3</sup> L'impostazione contabile è il SEEA, quindi si fa riferimento ai conti di stock sulle risorse naturali, che si affiancano come conti satellite a quelli tradizionali. Nel IEEAF tali conti sono esplicitamente redatti per le risorse forestali.

**Copertura Suolo (Anno Finale)**

Copertura Suolo (Anno Iniziale)	Foreste ed aree seminaturali		Fustaia	Ceduo	Pascolo	Proprietà pubblica	Privato e demaniale	Improduttivo	Proprietà pubblica	Privato e demaniale	ettari aggiuntivi	somma	Bilanciamento 1999	totale anno iniziale
	Foreste													
<b>Foreste ed aree semi-naturali</b>														
Foreste														
Fustaia			213004,75			16					21	213041,7	56442,79	269447,5
Ceduo			66,00	54527,92							99	54692,92	18623,44	73151,36
Pascolo														
Proprietà pubblica			103,00			72308,36					109	72520,36	13460,19	85768,55
Privato e demaniale							17178,56					17178,56	4980,83	22159,38
Improduttivo														
Proprietà pubblica			8,00			64,00			33277,03		153	33502,03	4478,92	37755,95
Privato e demaniale										26062,90		26062,90	938,22	27001,12
Bilanciamento 1999			56442,79	18623,44		13460,19	4980,83		4478,92	938,22				
Variazioni positive			28057,00	10934,00		5031,00	2600,00		997,00	4968,00				
Variazioni negative			-26594,00	-10470,00		-3620,00	-4015,00		-756,00	-734,00				
Variazioni negative camb.			-194,00	-9,00		-165,00			-14,00					
Nuove entrate			9,64	116,88		387,32			111,57					
Somma			270903,18	73723,24		87481,86	20744,38		38094,52	31235,12				
Discrepanza statistica			-19,55	-16,47		56,75	6,81		3,13	0,34				
Totale anno finale			270883,63	73706,77		87538,61	20751,19		38097,66	31235,46				

Tab. 2 - Variazioni Copertura del Suolo.

dello stock di apertura e di chiusura è stata adoperata la seguente formula:

$$\text{valore monetario stock} = [\text{prezzo di mercato} * (20 * 100) / \text{mc totali}] + \\ + [(\text{prezzo di mercato} / 2) * (80 * 100) / \text{mc totali}]$$

Il metodo per stimare la fissazione del carbonio nelle foreste è stato attinto da un'elaborazione già precedentemente portata avanti per il Trentino (LA NOTTE, PALETTI, 2002). In quest'applicazione vengono presi in esame solo gli alberi, non si fa quindi riferimento né all'assorbimento del carbonio da parte del suolo forestale, né da parte di altra biomassa in foresta.

La metodologia di quantificazione del carbonio assorbito adottata, considera la componente vegetale, comprendente: il fusto, i rami, le foglie e le radici, come esplicitato nelle variabili della formula qui riportata:

$$Q_c = [V_j + (V_j * \text{coeff.}) + (V_j * 0,34)] * 0,42 * 0,46$$

Dove:

- $V_j$  = volume complessivo delle formazioni forestali (cedui e fustaie) in mc  
 0,42 = fattore di conversione da mc a tonnellate di peso secco  
 0,46 = fattore di conversione da tonnellate di peso secco a tonnellate di carbonio  
 coeff. = coefficiente di moltiplicazione per tenere conto della biomassa epigea (rami e foglie)  
 0,34 = coefficiente di moltiplicazione per tenere conto della biomassa ipogea (radici)

Sia per la funzione produttiva che per la funzione di assorbimento del carbonio

sono stati redatti dei bilanci in cui a seguito dello stock iniziale, sono stati riportati gli incrementi, le rimozioni, altre variazioni e lo stock finale. Da un dato unico a livello provinciale, si passa ad una disaggregazione che va dalle tipologie delle specie interessate (conifere e latifoglie) a quella spaziale per comprensori. Il dato georeferenziato (in questa semplificazione) si differenzia per la percentuale di specie presente sul territorio e quindi il valore della legna prodotta e la quantità di carbonio assorbito.

Se oltre alle funzioni produttiva e di fissazione del carbonio, si potessero quantificare anche altre funzioni quali quella paesaggistica, protettiva, ecc., sarebbe possibile avere un valore per ogni distretto, bacino, o addirittura per ogni singola particella, che in proporzione rispecchia ognuno di questi valori e a cui quindi, economicamente, ambientalmente e socialmente, possa essere riconosciuta una "superiorità" in termini di sostenibilità.

Il modello presentato in questo contesto ha un fine illustrativo: si presenta infatti un semplice esempio di come i dati georeferenziati possano essere adoperati per prendere delle decisioni strategiche. Non s'intende in questo contesto proporre un modello standard di utilizzo per una procedura valutativa: in quel caso sarebbe opportuno elaborare un modello più sofisticato.

Nell'esempio qui riportato si farà ricorso ad un semplice modello lineare, con una funzione d'utilità da massimizzare, intesa come l'utilità della collettività in relazione al bene ambientale bosco, e dei vincoli relativi agli elementi riportati nella funzione d'utilità stessa.

Qui di seguito sono riportate le ipotesi, molto forti alla base del modello proposto.

Specie Arborea	Abete Rosso	Abete Bianco	Larice	Pino	Faggio	Altre Latifoglie
Fattore di conversione	0,43	0,41	0,55	0,49	0,68	0,67

Tab. 3 - Coefficienti di moltiplicazione relativi alla biomassa epigea (Eurostat, 2002).

Sono introdotti 3 elementi principali<sup>4</sup>:

- la salute, viene messa in relazione alla capacità della foresta di assorbire carbonio: quanto più carbonio viene assorbito, tanto più l'aria viene "purificata" e la collettività respira meglio;
- il benessere economico, che dipende dalla funzione produttiva della foresta: quanto più legname viene prodotto e quanto maggiore è la qualità ed il prezzo del legname prodotto, tanto più questo settore dell'economia locale andrà meglio;
- il grado di naturalità dell'ecosistema, che è legato alla presenza di specie autoctone sul territorio: il rispetto dell'attitudine ecosistemica del territorio garantisce l'esistenza delle specie florofaunistiche, non mettendo così a rischio gli equilibri che garantiscono l'esistenza dell'uomo.

La decisione politico-ambientale da prendere è relativa a come gestire quelle aree che "ritornano" ad essere bosco: quali specie arboree introdurre (o reintrodurre). Volendo attuare una politica ambientale, ci sono due fattori da considerare: la funzione del bosco nel ciclo del carbonio e la conservazione della biodiversità. Entrambi tali obiettivi ambientali vanno poi commisurati con l'obiettivo economico della produzione legnosa.

Nel modello qui proposto si dà spazio alle sole funzioni di utilità. Le variabili relative ai costi comportati dalle operazioni di ripopolamento forestale non sono considerate<sup>5</sup>.

Nel nostro caso le equazioni di definizione del modello servono ad identificare l'utilità totale come somma di tre funzioni particolari per le due alternative di "coltura" da porre in essere:

$$\begin{aligned} X &= X_1 + X_2 + X_3 \\ Y &= Y_1 + Y_2 + Y_3 \end{aligned}$$

Dove:

$X_1$  = valore della salute (funzione di assorbimento del carbonio) da parte dei terreni adibiti a boschi di resinose

$X_2$  = valore del benessere economico (funzione produttiva) da parte dei terreni adibiti a boschi di resinose

$X_3$  = valore del grado di naturalità da parte dei terreni adibiti a boschi di resinose

$Y_1$  = valore della salute (funzione di assorbimento del carbonio) da parte dei terreni adibiti a pascolo

$Y_2$  = valore del benessere economico (funzione produttiva) da parte dei terreni adibiti a pascolo

$Y_3$  = valore del grado di naturalità da parte dei terreni adibiti a pascolo

Le equazioni di comportamento del modello sono rappresentate dai valori che assumono le grandezze salute, benessere economico ed il grado di naturalità al variare delle superfici adibite a bosco. Nello specifico, l'equazione:

$$X_1 = (t/ha * P_c) * ha_x$$

rappresenta il valore della salute in termini dell'assorbimento del carbonio da parte delle resinose, infatti:

$t/ha$  = tonnellate di carbonio assorbito per ettaro

$P_c$  = prezzo attribuito ad una tonnellata di carbonio<sup>6</sup>

$ha_x$  = ettari adibiti a bosco di resinose

l'equazione:

$$X_2 = (mc/ha * P_r) * ha_x$$

rappresenta il valore del benessere economico in termini della funzione produttiva e

<sup>4</sup> Ovviamente l'assorbimento del carbonio, la funzione produttiva e la presenza di specie autoctone non esauriscono le problematiche che rappresentano ma in questo contesto sono adottate a mero scopo esemplificativo

<sup>5</sup> Un'ipotesi a giustificazione di ciò potrebbe essere rappresentata dall'esistenza di finanziamenti che coprirebbero tutte le spese nel momento in cui si decidesse di procedere all'impianto; finanziamenti che, in caso contrario, andrebbero persi.

<sup>6</sup> Si è attribuito un prezzo pari alla media della Carbon Tax applicata nei paesi nel Nord Europa, cioè 20 (LA NOTTE, PALETTI, 2002).

quindi la provvigione legnosa ed il relativo prezzo di mercato, infatti:

$mc/ha$  = metri cubi di legname per ettaro  
 $Pr$  = prezzo di mercato per le resinose stimate in base alla tipologia di legno ed alla zona di provenienza

l'equazione:

$$X_3 = (\beta * P_{mr}) * ha_x$$

rappresenta il valore del grado di naturalità in termini di attitudine del territorio ad accogliere una tipologia di coltura o l'altra, in base alle sue caratteristiche fisiche. Infatti:

$\beta$  = attitudine del territorio ad ospitare specie arboree resinose  
 $Pmr$  = prezzo medio ponderato<sup>7</sup> attribuito al valore della naturalità per il bosco di resinose

Le stesse equazioni di comportamento dovranno essere impostate per gli ettari adibiti a pascolo:

$$Y_1 = (0,55 * P_c) * ha_y$$

$$Y_2 = RLS * ha_y$$

$$Y_3 = (\gamma * P_{mp}) * ha_y$$

Dove:

0,55 = coefficiente stimato di assorbimento del carbonio per ettaro di terreno adibito a pascolo<sup>8</sup>  
 $ha_y$  = ettari adibiti a pascolo  
 $RLS$  = stima del valore economico di ogni ettaro di pascolo<sup>9</sup>  
 $\gamma$  = attitudine del territorio ad ospitare pascolo  
 $Pmp$  = prezzo medio ponderato attribuito al valore della naturalità per il pascolo

La funzione obiettivo che ci si propone di massimizzare è costituita dall'utilità sociale, qui lasciata nella forma generica:

$$U = f(X, Y)$$

La condizione d'equilibrio presuppone che la somma degli ettari da adibire a bosco o pascolo non superi la somma totale di ettari disponibili. Nel nostro caso, per semplicità, si ricorrerà ad un'uguaglianza:

$$ha_x + ha_y = ha_{tot}$$

Al modello sono stati applicati metodi di simulazione numerica, costruendo il relativo modello in Excel ed identificando i due valori limite nell'adibire totalmente gli ettari disponibili a bosco prima ed a pascolo poi. Da tali valori si procede ad identificare l'intervallo ottimale del valore massimo.

In base all'applicazione dei moduli contabili che misurano le variazioni di copertura del suolo si è riscontrato come ci siano state delle variazioni nel distretto forestale di Trento e precisamente all'interno dell'Azienda Forestale di Trento Sopramonte (tab. 2). Innanzitutto si isolano le particelle in questione e, all'interno dei rispettivi database alfanumerici se ne vanno a rintracciare le caratteristiche relative a: comune, bacino, esposizione, pendenza, posizione, tipologia suolo, profondità, tessitura, consistenza, umidità, nonché tutte le caratteristiche inerenti alla copertura vegetazionale di ogni particella. In secondo luogo si opera la stessa analisi anche sulle particelle adiacenti le particelle interessate, facendo un confronto fra i database del 1999 e del 2002. Rientra nelle nuove acquisizioni della copertura forestale considerata per l'applicazione, un'area pari a 166,69 ettari, la cui categoria d'interesse è di natura prevalentemente paesaggistica,

<sup>7</sup> Si è deciso di utilizzare una media ponderata allo scopo di dare maggior risalto al valore monetario del carbonio, che è comune sia per il bosco che per il pascolo, a discapito del valore di mercato, che svantaggerebbe troppo il pascolo nei confronti del bosco.

<sup>8</sup> Relazione agraria e forestale 2002 libro DIN A4, editore: Provincia Autonoma Bolzano.

<sup>9</sup> Per reddito lordo di un'attività produttiva agricola (coltivazione o allevamento) si intende il valore monetario della produzione lorda dell'attività stessa al netto di alcuni costi specifici corrispondenti. Per reddito lordo standard si intende il valore del reddito lordo corrispondente alla situazione media di una determinata regione o provincia e di una determinata attività produttiva (fonte: <http://www.inea.it/rica/metodologia/index.cfm#rls>). È stato applicato un prezzo pari a € 16,44, pari al RLS attualizzato al tasso fornito dalla Camera di Commercio.

classificata come area non accidentata in quanto assenti sia frane che valanghe. La caratteristica fisica che la caratterizza è la profondità media. Le particelle, che rientrano nell'area di variazione identificata, sono cinque di cui, stando alla classificazione del PEF 2002, una adibita a fustaia e quattro a pascolo. Una delle particelle adibite a pascolo è isolata dalle altre e situata relativamente distante, e si è quindi preferito non prenderla esplicitamente in considerazione. Il totale dell'area considerata scenderà quindi a 161,18 ettari. Delle particelle rientranti nella classificazione vanno distinti due gruppi:

- nel primo gruppo rientrano quelle particelle con suolo bruno, tessitura ghiaiosa, umidità classificata come fresca e categoria attitudinale buona, situate a sud, con pendenza di 1580 m e pendenza inclinata nella parte orientale, e 1580m e pianeggianti nella parte occidentale. L'estensione totale di tali particelle è pari a 96,66 ettari;
- nel secondo gruppo rientra una particella con suolo torboso, tessitura sabbiosa, umidità classificata come paludosa e categoria attitudinale scadente; si tratta di un'area pianeggiante che copre tutta l'estensione settentrionale, di altitudine pari 1560 metri e superficie di 60,28 ettari.

Sulla base delle analogie vegetazionali, pedologiche, dendrometriche e topografiche sono stati assegnati dei valori numerici ai parametri presentati nel modello. Inoltre si sono potute agglomerare due particelle per le caratteristiche in comune (tab. 4). La provvigione è stata stimata pari a 165 mc/ha, facendo una media (arrotondata per difetto) dei valori della provvigione delle particelle limitrofe compatibili. Il valore monetario della provvigione è stato mutuato dalle valutazioni del Progetto Legno (CCIAA, 2001) da cui si evince che il prodotto legnoso maggiormente prodotto nell'area in que-

stione sono i tronchi da sega il cui valore medio a metro cubo è di € 70,23. è stato ritenuto utile mediare<sup>10</sup> tale valore con il prezzo attribuito dal Servizio Foreste alla legna in piedi rientrante nel comprensorio di Trento (€ 38,85) ottenendo un prezzo finale pari a € 45,88.

La sequenza dell'elaborazione di calcolo attuata prevede innanzitutto il calcolo del valore che l'area assumerebbe se fosse devoluta solo a bosco o solo a pascolo. I risultati ottenuti evidenziano una grossa distanza fra i due valori a vantaggio dell'impianto a bosco. In seguito si è sottratta dall'impianto totale a bosco l'area che meno vi si prestava per caratteristiche fisiche (gruppo particella C). Tuttavia il valore più alto è sempre mantenuto dall'impianto totale a bosco anche se in questo la differenza è minima (1,7%). Sottraendo alle altre particelle aree da impiantare a bosco a vantaggio del pascolo si ottiene un valore monetario via via decrescente.

In ambito di sensitività delle variabili adoperate, si evidenzia l'importanza ed il peso che assume una corretta valutazione monetaria. Infatti, la prevalenza dell'impianto a bosco è in gran parte giustificata dal prezzo molto alto attribuito alla funzione produttiva e molto basso attribuito alle funzioni ambientali. Se quindi, da una parte occorre sviluppare migliori metodologie di valutazione economica, dall'altra è anche vero che una politica ambientale volta ad esaltare le funzioni ambientali, deve puntare su tutti quegli strumenti economici che rendano più appetibile tale prezzo. Nel caso specifico del modello, si dimostra infatti che non essendoci spese, nell'ipotesi di finanziamenti esterni, conviene sempre rimboschire, anche in aree non propriamente adatte; si può inoltre constatare che se fosse attribuito un valore maggiore al grado di naturalità, l'ipotesi di non rimboschire l'area svantaggiata (gruppo C) prevarebbe sull'alternativa di rimboschimento.

<sup>10</sup> È stata effettuata una media ponderata in cui s'è dato maggior risalto al valore della legna in piedi, piuttosto che al prezzo di mercato del prodotto finito.

Codice Particelle	Totale Ettari	Provvigione/ha	Specie Dominante	Valore Coefficienti
A) 930021	4,23	200	Abete rosso	$\beta = 0,8$ $\gamma = 0,2$
B) 930022 e 930027	96,66	160	Abete rosso	$\beta = 0,2$ $\gamma = 0,8$
C) 930026	60,28	5	Larice	$\beta = 0,1$ $\gamma = 0,9$

Tab. 4 - Suddivisione e caratterizzazione delle nuove particelle.

Bosco resinose	ha=161,17	ha=100,89	ha=52,56	ha=28,4
<i>Funzione assorbimento carbonio</i>				
X1A	25307,04	25307,041	25307,041	25307,041
X1B	462634,25	462634,25	231317,12	115634,63
X1C	9739,37	0	0	0
X1	497680,65	487941,29	256624,164	140941,672
<i>Funzione produttiva</i>				
X2A	37968,48	37968,48	37968,48	37968,48
X2B	709561,73	709561,73	354780,86	177353,73
X2C	13828,232	0	0	0
X2	761358,44	747530,21	392749,34	215322,21
<i>Funzione naturalità</i>				
X3A	38,21	38,21	38,21	38,21
X3B	218,26	218,26	109,13	54,55
X3C	68,06	0	0	0
X3	324,52	256,46	147,33	92,76
X	1259363,61	1235727,96	649520,84	356356,64
Pascolo	ha=161,17	ha=60,28	ha=108,61	ha=132,77
<i>Funzione assorbimento carbonio</i>				
Y1A	46,53	0	0	0
Y1B	1063,26	0	531,63	797,39
Y1C	663,08	663,08	663,08	663,08
Y1	1772,87	663,08	1194,71	1460,47
<i>Funzione produttiva</i>				
Y2A	69,54	0	0	0
Y2B	1589,09	0	795	1192
Y2C	991,00	991,00	991,00	991,00
Y2	2649,63	991,00	1785,55	2182,74
<i>Funzione naturalità</i>				
Y3A	8,291	0	0	0
Y3B	757,81	0	378,91	568,32
Y3C	531,67	531,67	531,67	531,67
Y3	1297,77	531,67	910,58	1099,99
Y	5720,28	2185,75	3890,84	4743,20
X+Y		1237913,71	653411,68	361099,84

Tab. 5 - Simulazione numerica relativa al modello proposto.

## Conclusioni

Nel presente lavoro, rispondendo all'esigenza di uno strumento da utilizzare come base informativa necessaria per attuare adeguate politiche ambientali, è stato proposto un modello decisionale. Alla base del modello proposto vi sono database georeferenziati atti alla compilazione un sistema di conti ambientali. I risultati dei sistemi di contabilità ambientale georeferenziati fungeranno, a loro volta, da fonte dati per coloro che pianificano politiche economiche, ambientali o, in generale, politiche di sviluppo sostenibile.

Attraverso l'utilizzo di dati georeferenziati è stato possibile attribuire ad ogni area un peso ed un valore diverso a seconda delle caratteristiche fisiche e naturali dell'area stessa. Determinare qual'è l'informazione di cui c'è bisogno non è immediato: tante informazioni potrebbero essere utili, e applicare procedure *ad hoc* per ottenere singoli risultati può essere dispersivo. Le tavole contabili applicate forniscono uno standard che suggerisce un *modus operandi* per avere dati sistematici e pronti per essere utilizzati nel monitoraggio e nella programmazione. Grazie alla riclassificazione contabile ed all'attribuzione del valore monetario, è possibile impostare un sistema che non si fermi solo alle variabili economiche tradizionali, ma abbia facoltà di includere a pieno titolo anche variabili ambientali. Se una tavola contabile fornisce l'evidenza di un dato, il poter disporre di dati georeferenziati offre il vantaggio di localizzare geograficamente il dato evidenziato e la visualizzazione di mappe non solo facilita la comprensione del problema ma costituisce un aiuto in più nella pianificazione della soluzione.

Tuttavia, l'ipotesi di base su cui si fonda l'applicazione è costituita dalla veridicità del database. Si presuppone infatti che tutti i dati in esso contenuti siano veri, reali. In alcuni casi sarebbe opportuno procedere alla verifica ed integrazione degli stessi, in quanto possono non rispecchiare la reale situazione perché frutto di stime generiche, oppure di mancati aggiornamenti.

Nonostante la semplicità ed i limiti delle esemplificazioni empiriche presentate, i punti essenziali che giustificano le ragioni di supporto al modello proposto sono:

*per ciò che riguarda la compilazione delle tavole di Copertura ed Uso del Suolo*

- attraverso una serie di operazioni di base, tipiche dei software GIS, è possibile compilare in breve tempo e senza troppo sforzo dalle tavole più semplici alle matrici più complesse previste all'interno di questa tipologia di moduli contabili;
- grazie alla compilazione delle tavole contabili, si evidenziano le variazioni occorse; grazie alla localizzazione geografica e caratterizzazione fisica delle aree evidenziate, è possibile comprendere la causa delle variazioni ed eventualmente procedere ad una pianificazione degli interventi opportuni su una base informativa specifica e ambientalmente ed economicamente integrata.

*per ciò che riguarda la compilazione delle tavole del Bilancio Forestale*

- utilizzando le funzioni GIS di base, grazie all'organizzazione dei database georeferenziati, è possibile compilare le tabelle contabili in relazione a diverse caratteristiche, combinate simultaneamente secondo le esigenze presentate nel modulo contabile in questione;
- attraverso i temi ed i relativi dati inseriti nel database di ogni particella forestale, è possibile identificarne il valore, in termini fisici prima e monetari poi, in maniera determinata e specifica per ogni funzione attribuita alla singola particella, potenzialmente aggregabile in complessi territoriali più estesi;
- in base all'attitudine prevalente dell'area è possibile riordinare i valori calcolati per ogni funzione delle particelle forestali ed, in questo modo, fornire al decisore/pianificatore uno strumento in più di analisi per la gestione del territorio.

*inoltre le tavole contabili georeferenziate realizzate possono essere utili*

- in fase di misurazione, monitoraggio e controllo, nell'analisi statistica della situazione territoriale di un'area e delle interazioni economico-ambientali che in

essa hanno luogo, a maggior ragione se per essa va pianificato un piano di sviluppo e se in essa l'ambiente rappresenta un fattore caratterizzante su cui puntare, o un fattore critico da tenere in debito conto. Parlare di analisi territoriale implica attribuire un peso particolare alle caratteristiche specifiche del territorio; e parlare di analisi statistica implica il ricorso a schemi e strumenti di misurazione miranti all'ottenimento di determinati risultati;

- in fase di pianificazione di politiche economiche, ambientali o di sviluppo in generale, quando la valutazione di una determinata azione da intraprendere (o meno) dipende dalle variabili che si decide di "mettere in gioco", dalla loro quantificazione e dal peso loro attribuito. La contabilità ambientale rende possibile affiancare alle tradizionali variabili economiche, variabili ambientali opportunamente classificate e valutate; e ricorrere a dati georeferenziati negli schemi di contabilità ambientale permette di includere, negli input da elaborare, valori specifici legati al territorio ed alle sue caratteristiche ambientali.

Come già più volte menzionato, il presente lavoro non costituisce un punto di arrivo, bensì la proposta di un nuovo punto di partenza: la base per un approccio di valutazione e decisione da continuare a sperimentare ed ampliare, poiché applicabile a tutte le tematiche che hanno a che fare con beni e servizi ambientali. La sua originalità di fondo consiste nel fatto che si propone l'integrazione fra tecniche GIS e sistemi di contabilità ambientale, quale punto di contatto fra conoscenza sviluppata nell'ambito delle scienze ambientali (inglobata nei database e funzionalità GIS) e conoscenza sviluppata nell'ambito delle scienze economiche (applicabile agli output degli schemi contabili)

Un sistema di conti ambientali georeferenziati può essere esteso all'applicazione di più funzioni e per più livelli amministrativi e territoriali. Uno stimolo nella direzione indicata proviene dalle tendenze della ricerca in campo ambientale a livello nazionale ed internazionale: la contabilità ambientale è rilanciata con sempre maggiore determi-

nazione da Eurostat (EUROPEAN COMMISSION, 2002) e se ne discute nelle conferenze nazionali delle agenzie ambientali (APAT, 2003); il telerilevamento ed i GIS diventano uno standard della raccolta ed elaborazione dei dati ambientali, nonché uno strumento ormai indispensabile nella ricerca (FAO, 2000; CARRIERO *et al.*, 1998; EEA, 2002).

### **dott.ssa Alessandra La Notte**

Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali (TeSAF)  
dell'Università degli Studi di Padova  
e-mail: alessandra.lanotte@unipd.it

## BIBLIOGRAFIA

- APAT, 2003 - *Innovazione al Servizio della Conoscenza e della Prevenzione. Dai sistemi di monitoraggio alla diffusione della cultura ambientale*. Proceedings della VII Conferenza Nazionale delle Agenzie Ambientali, Milano 24-26 Novembre 2003, Abstracts.
- BATEMAN I.J., BRAINARD J.S., GARROD G.D., LOVETT A.A., 1996 - *Measurement, Valuation and Estimation Issues in the Travel Cost Method: a geographical information system approach*. In *Journal of Agricultural Economics*, 47, pp.191-205.
- BATEMAN I.J., JONES A.P., LOVETT I.R., LAKE I.R., DAY B.H., 2002 - *Applying Geographical Information Systems (GIS) to Environmental and Resource Economics*. In *Environmental and Resource Economics*, 22: 219-269.
- CARRIERO A., SCRINZI G., TABACCHI G., TOSI V., WEGER W., 1998 - *GARDEN: procedura di integrazione tra GIS e sistema esperto per la stima del valore turistico-ricreativo degli ambienti naturali*. Comunicazioni di ricerca dell'ISAFSA, 97/1, Trento.
- EEA, 2002 - *Providing Policy Relevant Information for Europe's Environment. The EEA strategy*. Report ver.8.2, EEA, Office of Official Publication, Luxembourg.
- EUROPEAN COMMISSION, 1999 - *The European Framework for integrated Environmental and Economic Accounting for Forests: results of pilot application*. Official Publication, Luxembourg.
- EUROPEAN COMMISSION, 2002 - *The European Strategy for Environmental Accounting. Report to the Statistical Programme Committee*. Working paper, Eurostat, Luxembourg.

EUROSTAT, 2002 - *Carbon Stock Changes in German Forests and Forest Soils in Physical Terms* - Institute for Economics, Federal Research Centre for Forestry. Eurostat Task Force on Forest Accounting, Meeting 14-15 May 2002, Luxembourg.

FAO, 2000 - *FRA2000: Assessing State and Change in Global Forest Cover: 2000 and Beyond*. Working paper n.31, Forestry Department/FAO, Roma.

FUNTOWICZ S.O., 1999 - *Information tools for environmental policy under conditions of complexity*. EEA Environmental issues series N.9, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

HAINES-YOUNG R.H., 1999 - *Environmental accounts for land cover: Their contribution to 'state of the environment reporting'*. Transaction of the Institute of British Geographers, New Series.

HECHT, J., 2000 - *Lesson learned from Environmental Accounting Findings from Nine Case Studies*. IUCN World Conservation Union, Washington D.C.

HELLRIGL, B., 2002 - *Il Significato dell'Utilizzazione Legnosa nel Ciclo del Carbonio*. In: *Dendronatura*, anno 22 n.2, Associazione Forestale del Trentino.

LAKE I.R. - LOVETT A.A. - BATEMAN I.J. - LANGFORD I.H., 1998 - *Modelling Environmental Influence on Property Prices in an Urban Environment*. Computers, Environment and Urban System, 22: 121-136.

LA NOTTE, A., PALETTO, A., 2002 - *I boschi del Trentino e la Fissazione del Carbonio*. In: *Economia Trentina*, Anno LI, 3/4.

LONDON GROUP, 2003 - *Handbook of National Accounting: Integrated Environmental and Economic Accounting, Rev.1*. White cover publication available at <http://unstats.un.org/unsd/envAccounting/seea.htm> (checked on August 2nd 2004).

MERLO, M., ROULI, G., 1994 - *Ipotesi di Remunerazione dei Servizi Pubblici offerti dai Beni Silvo-Pastorali: un'analisi economico-finanziaria*. In: *Genio Rurale*, 1994/4.

PAT, 2000 - *Atto di indirizzo sullo sviluppo sostenibile*. Giunta Provinciale, Provincia Autonoma di Trento, Trento.

PAT, 2001 - *Elaborazione della Strategia Locale di Sviluppo Integrato e Descrizione degli obiettivi e delle Iniziative con l'Indicazione delle Priorità Individuate dalla Concertazione*. Giunta, PAT, Trento.

ROSENTHAL D.H., DONNELLY D.M., SCHIFFHAUER M.B., BRINK G.E., 1986 - *User's Guide to RMTCM: Software for Travel Cost Analysis*. General Technical Report RM-132, US-Department of Agriculture.

SERVIZIO FORESTE, 2000a - *I Compiti e le Attività del Servizio Foreste*. Report PAT, Trento.

SERVIZIO FORESTE, 2000b - *Carta delle Formazioni Forestali in Trentino*. Relazione PAT, Trento.

## Riassunto

La complessità dell'ambiente naturale rende inverosimile pensare che esista un singolo metodo o strumento in grado di analizzare e valutare problemi e tematiche relative all'ambiente. È invece accettabile l'ipotesi che si possa delineare una procedura che integri più strumenti e metodi, flessibile abbastanza da adattarsi alle diverse problematiche e contesti ambientali. L'applicazione qui riportata utilizza uno strumento di analisi e valutazione integrato (i conti ambientali georeferenziati) inserito in una procedura decisionale indirizzata al decisore di politiche economico-ambientali. È inoltre introdotto un modello decisionale che scandisce le varie fasi in cui si sviluppa la procedura di raccolta elaborazione ed utilizzazione dei dati. In seguito si procede ad applicazioni degli output di tale sistema dal monitoraggio statistico/ambientale alla programmazione economica. L'applicazione qui riportata parte dal database georeferenziato del servizio foreste integrandolo con dati provenienti da altri enti pubblici ed istituti di ricerca attinenti alle tematiche trattate; dai moduli di contabilità ambientale elaborati sono tratti i dati utili da utilizzare a scopo statistico-analitico e da inserire in un modello statico lineare ai fini della programmazione economico-ambientale a livello locale. Tale applicazione, a fini puramente illustrativi, rappresenta un esempio di come applicare lo strumento integrato proposto, il sistema di conti ambientali georeferenziati, e di come incorporare tale strumento in un modello decisionale applicabile anche a livello locale.

## Summary

The complexity of natural environment makes a single methodology or tool unable to properly analyze and assess environment issues. It is more feasible that a procedure can be outlined that integrates more tools and methods, flexible enough to be adapted to different environmental contexts and thematic issues. The application here reported applies an analytical tool built upon GIS databases (georeferenced environmental accounts) within a decision-making procedure to be used by policy makers. The starting point of the application consists of integrating the georeferenced database, produced by the Forestry Department, with information coming from other public authorities and research institutes; environmental accounting modules of interest are thus compiled. The processed data are then used in a linear static model that proposes a simplified decision-making context related to an environmental policy issue. This application has only illustrative purposes: it aims at showing how an integrated analytical tool, such as georeferenced environmental accounts, can be applied in decision-making models at local level.