2°
INVENTARIO FORESTALE NAZIONALE

Studio di fattibilità

Committente:

Ministero per le Politiche Agricole
Direzione generale delle Risorse Forestali
Montane e Idriche

Convenzione MIPA – ISAFA del 31.12.1996:
"Definizione delle linee tecniche fondamentali per
la realizzazione del prossimo inventario forestale nazionale"
D.M. 02/752/96 del 31.12.1996
D.M. 02/752/96/PRO del 29.12.1997

Realizzazione:

Istituto Sperimentale per l'Assestamento Forestale
e per l'Alpicoltura

TRENTO, 23 luglio 1998

ISAFA
Piazza Nicolini 6, 38050 Villazzano – Trento
Tel. 0461 381111 – Fax 0461 381131 – e-mail: isafa@tqs.it

2°
INVENTARIO FORESTALE NAZIONALE

Studio di fattibilità

Gruppo di lavoro ISAFA che ha realizzato lo studio:

Coordinatore:	Massimo Bianchi
Responsabili scientifici:	Gianfranco Scrinzi
	Giovanni Tabacchi
Segretario organizzativo:	Vittorio Tosi
Staff scientifico:	Flora De Natale
	Patrizia Gasparini
	Giuseppe Pignatti
	Gianfranco Scrinzi
	Giovanni Tabacchi
	Vittorio Tosi

Redazione del testo finale

M. Bianchi:	revisione del testo
G. Pignatti:	capitolo 1, capitolo 3 (§ 3.4.3 ad esclusione del § 3.4.3.3)
P Gasparini:	capitolo 2
V. Tosi:	capitolo 3 (ad esclusione del § 3.4.3)
F. De Natale:	capitolo 4
G. Scrinzi:	capitolo 3 (§ 3.4.3.3), capitolo 5 (§ 5.1 e § 5.3), capitolo 6 (§ 6.3)
G. Tabacchi:	capitolo 5 (§ 5.2), capitolo 6 (§ 6.1 e § 6.2)

Il risultato e i contenuti del lavoro sono frutto dell'apporto di tutti i componenti dello staff scientifico dalla cui concertazione sono emerse le linee guida dello studio anche alla luce dell'analisi critica del contributi specialistici apportati dai consulenti.

SOMMARIO

Premessa	pag.	5
Capitolo 1 Obiettivi	»	9
Capitolo 2 Inziative internazionali e nazionali	»	31
Capitolo 3 Contenuto informativo e metodi di rilevamento	»	67
Capitolo 4 Possibilità di impiego delle tecniche di telerilevamento	»	121
Capitolo 5 Disegni di campionamento	»	153
Capitolo 6 Costi realizzativi e ipotesi organizzative	»	201

PREMESSA

A vari anni dalla prima realizzazione, quella del 1985, si torna a parlare dell'Inventario Forestale Nazionale, in vista di una sua ripetizione attorno all'anno 2000.
Si potrebbe osservare che a questo punto l'inventario forestale nazionale "è diventato grande"; oppure che è anche con esso "che l'Italia entra in Europa"... sono frasi a effetto ma contengono un buon grado di verità.

In realtà un rinnovato sforzo nel monitoraggio permanente ed efficace dei boschi su tutto il territorio nazionale viene ormai imposto al nostro paese, come in tutta Europa e altrove, dal contesto internazionale di impegni che l'Italia ha sottoscritto negli ultimi anni. Gli impegni più vincolanti in questo senso riguardano la difesa della biodiversità, la sostenibilità nella gestione delle foreste e la riduzione delle emissioni di gas serra nell'atmosfera.
Il capitolo 1 di questo studio illustra proprio il contesto internazionale degli impegni e delle iniziative più recenti; a esso il nostro paese non può tardare ad adeguarsi.

Sul piano metodologico lo studio presenta varie possibili soluzioni di inventario, differenziate fra loro nei costi, nella precisione dei risultati, nella complessità della realizzazione e negli schemi di indagine adottabili. Non esiste una soluzione migliore di tutte le altre relativamente a tutti gli aspetti, ognuna ha i suoi pregi e i suoi inconvenienti.
Se ne parla nei capitoli 5 e 6. All'Amministrazione centrale spetterà l'onere di scegliere la soluzione che verrà ritenuta offrire il migliore compromesso costi-benefici.

Un aspetto che ha impegnato lo staff dei ricercatori ISAFA è costituito dalla possibilità di recuperare e di riutilizzare la rete di rilevamenti a terra costituita con l'inventario del 1985.
Il problema è risolvibile ma ci sono difficoltà a rimaterializzare con precisione le vecchie aree di saggio e a riutilizzarle proficuamente per una nuova stima. Di questo si tratta nel capitolo 5.
C'è poi un fatto recente del quale tenere conto: nuove definizioni FAO di bosco richiedono di sottoporre a indagine superfici che nel 1985 non vennero prese in considerazione. Il problema riguarda non solo il nostro paese ma in generale tutta l'Europa. In conseguenza di questo, per quanto riguarda l'Italia, l'ipotesi di un confronto diretto dei cambiamenti effettuato, a distanza di 15 anni, sugli stessi punti di rilevamento perde gran parte della sua efficacia estimativa.

Il monitoraggio dei cambiamenti verificatisi dopo il 1985 nei boschi italiani potrà ugualmente essere garantito anche in altro modo, confrontando opportunamente due inventari eseguiti indipendentemente l'uno dall'altro.
Le possibili soluzioni di inventario presentate in questo studio tengono conto naturalmente anche di questa esigenza.

Nuove definizioni di "bosco", delle "aree che rivestono interesse forestale" e che comunque devono costituire oggetto degli inventari e nuovi criteri per la loro classificazione sono state dunque stabilite recentemente dalla FAO. L'adozione delle nuove definizioni e delle nuove classificazioni negli inventari forestali nazionali è raccomandata esplicitamente in ambito europeo, affinché le varie statistiche nazionali possano agevolmente sommarsi in un unico sistema di monitoraggio continentale.

Il capitolo 1 affronta anche questo problema.

Qualunque sia la soluzione di inventario che verrà adottata, sicuramente con essa si dovrà stabilire una volta per tutte, con quali dati in futuro l'Italia fornirà all'Europa le informazioni che riguardano i propri boschi.

Al momento il sito intemet del Ministero riporta sia i dati ISTAT che quelli dell'inventario del 1985; in varie circostanze sono stati forniti altemativamente, all'Unione Europea e alla FAO, o i dati ISTAT o quelli del 1985, questi ultimi variamente aggiornati nel corso degli anni.

È il momento di concordare quali debbano essere le future statistiche ufficiali dell'Italia. A nostro avviso esse dovranno basarsi sulle nuove definizioni accennate prima, anche la stessa ISTAT e l'EUROSTAT le hanno ormai adottate in vista del Censimento dell'Agricoltura previsto per il 1999.

Ci sembra anche che un inventario forestale nazionale fondato su una solida base statistica di rilevamento e integrato in un unico sistema di inquadramento europeo sia l'occasione privilegiata dalla quale derivare tali informazioni.

Il problema dell'interfacciamento fra l'inventario forestale e gli altri progetti italiani di monitoraggio dell'ambiente rappresenta, più in generale, uno dei nodi fondamentali ancora da sciogliere. Esso non coinvolge solo l'Istat:

– il progetto forestale dovrà cercare un raccordo anche con l'Inventario Nazionale delle Risorse Naturali, che il Ministero dell'Ambiente realizzerà in applicazione della legge 344/1997;
– sarà doveroso coordinare al meglio l'inventario nazionale con le analoghe indagini di monitoraggio che varie Regioni eseguono sul proprio territorio.

Il problema dell'interfacciamento non è solo di tipo Organizzativo-amministrativo ma ha implicazioni anche metodologiche: le varie soluzioni possibili di inventario vanno giudicate anche riguardo alla loro maggiore o minore facilità nel collegarsi con i progetti collaterali di osservazione del territorio nazionale e regionale.

È dunque finito il tempo dell'impostazione scientifica dell'inventario ed è arrivato il momento delle decisioni.

Mi preme fare notare che, qualunque esse siano, non si potrà prescindere dal creare una struttura nazionale permanente specificamente dedicata all'inventario forestale nazionale: con il compito di organizzarne l'esecuzione, di gestire i risultati, di collegarsi con gli altri sistemi di statistica nazionali e internazionali e infine per provvedere allo sviluppo metodologico, agli aggiornamenti e alle future revisioni.

Mi sento di esprimere il dubbio se non converrebbe, piuttosto che rassegnarsi a un inventario occasionale senza creare una struttura permanente e orientata al futuro, rinunciare invece del tutto all'impresa…

Occorreranno provvedimenti normativi.

In primo luogo bisognerebbe rendere obbligatorio l'inventario e la sua ripetizione periodica, come auspicato dal Direttore Generale delle Risorse Forestali, Montane e Idriche nel recente Secondo Congresso Nazionale di Selvicoltura a Venezia: per fissare adeguatamente le competenze, gli obiettivi, i finanziamenti.

Altri provvedimenti sono richiesti da esigenze apparentemente secondarie ma non trascurabili, come ad esempio per consentire l'accesso alle proprietà private durante i rilevamenti in bosco: non è prudente contare, anche per il futuro, solo sull'"effetto divisa del Corpo Forestale dello Stato", come avvenne nel 1985.

Lo studio qui presentato, redatto dall'ISAFA, avrebbe potuto essere più semplice. In

alcuni casi abbiamo volutamente preferito approfondire aspetti che ci sembravano di particolare importanza, andando al di là delle esigenze di un semplice studio di fattibilità. L'intento è stato quello di fornire il massimo grado di informazioni a coloro che saranno chiamati ad assumere le decisioni sul futuro dell'inventario, in modo da arrivare al meglio al successivo progetto esecutivo.

Un ringraziamento va prima di tutto alla Direzione Generale delle Risorse Forestali, Montane e Idriche del Ministero delle Politiche Agricole, per l'occasione che ci ha offerto; tanto più in quanto questo è avvenuto in un momento di incertezza particolarmente pesante e prolungato.

Desidero ringraziare infine tutto il personale dell'Istituto che ha collaborato allo studio, a cominciare dai ricercatori che hanno assunto la responsabilità scientifica dei vari capitoli.

Un ringraziamento e un attestato di stima non inferiore vada anche a tutti coloro che, con responsabilità e competenze diverse, ne hanno reso possibile il completamento:

– ai consulenti esterni che ci hanno aiutato ad approfondire vari aspetti tecnici o scientifici del difficile problema e in particolare a Remo Bertani, Claudia Ceccon, Giuseppe Espa, Marco Marchetti, Nicoletta Tartaglini, Arnaldo Tonelli, Lorenzo Cavini;
– ai tecnici e borsisti dell'ISAFA e in particolare a Maria Fulvia Zonta, a Sandro Gecele e Giorgio Pira;
– a tutto il personale amministrativo dell'Istituto, che con un lavoro oscuro e silenzioso ha consentito a noi di concentrarci sugli aspetti tecnici e metodologici.

Trento, luglio 1998

Il direttore dell'ISAFA
Massimo Bianchi

Capitolo 1

OBIETTIVI

SOMMARIO

1.1	**Gli obiettivi del prossimo inventario**	pag.	10
1.2	**Il contesto**	»	12
1.2.1	Il dialogo internazionale sulle foreste	»	12
1.2.2	Il dialogo europeo sulle foreste	»	14
1.2.3	Il dialogo nazionale	»	15
1.3	**Le esigenze informative: la gestione sostenibile delle foreste**	»	16
1.3.1	Informazioni generali sulle risorse forestali	»	18
1.3.2	Funzioni ecologiche	»	19
1.3.3	Funzioni economiche	»	20
1.3.4	Funzioni sociali	»	21
1.4	**L'ottimizzazione del flusso delle informazioni**	»	21
1.5	**Conclusioni**	»	25

1.1 Gli obiettivi del prossimo inventario

Alla fine del XX Secolo non è più immaginabile poter gestire una politica incisiva in un determinato settore senza disporre di una base di informazioni sul campo di intervento. Qualunque sia il livello di scala (locale, comprensoriale, regionale, nazionale o mondiale), la disponibilità di dati affidabili e pertinenti rispetto al problema esaminato costituisce la premessa di tutta l'azione di programmazione. I dati, possibilmente, devono essere di tipo quantitativo, in maniera da consentire una verifica delle azioni intraprese mediante la misura di certi parametri. Le risorse forestali, pur nella loro specificità, che non semplifica l'identificazione di indicatori statistici pertinenti ed affidabili, non sfuggono a questa regola.

Un inventario forestale nazionale è una risposta alle esigenze di informazione sulle risorse forestali di un paese. L'elemento qualificante di un inventario nazionale è la raccolta organica, cioè seguendo un disegno definito, di indicatori statistici per alcuni dei quali (ad esempio la superficie forestale nazionale) è possibile, fornire anche l'incertezza della stima del dato quantitativo. Questa caratteristica essenziale differenzia il processo inventariale da una più comune raccolta di dati relativi ai settore forestale, che non segua un protocollo specifico e assembli dati derivati da rilievi realizzati con metodi non omogenei e lungo intervalli temporali differenti. Tale requisito è considerato importante in sede internazionale, anche per il confronto e l'integrazione dei dati raccolti nei vari paesi.

L'importanza delle risorse forestali è riconosciuta a livello planetario (FAO, 1997). È sempre più evidente, infatti, che una seria politica ambientale non può prescindere da una considerazione delle foreste e degli effetti diretti ed indiretti delle attività antropiche su di esse. Le foreste costituiscono buona parte dei sistemi naturali e seminaturali presenti sulle terre emerse e assumono un ruolo cruciale per le forme di vita, contribuendo all'equilibrio globale dei sistema terrestre. Da qui l'origine di una serie di iniziative a livello nazionale ed internazionale, volte a sviluppare una politica forestale efficace e a migliorare le conoscenze relative al settore forestale.

Il primo inventario nazionale, condotto negli anni 1984-1985 dal Ministero per l'Agricoltura e le Foreste in collaborazione con l'ISAFA (MAF-ISAFA, 1988), ha colmato un ritardo storico in questo settore, realizzando una raccolta originale di informazioni sul settore forestale e seguendo uno stesso disegno inventariale su tutto il territorio. Nelle indicazioni contenute nel Piano Nazionale Forestale (MAF, 1988), un documento ancora valido per alcuni principi generali, l'inventario forestale nazionale servì a:

- sviluppare e unificare le conoscenze sulle risorse forestali, per fini di ricerca e di supporto alle decisioni;
- migliorare la qualità delle statistiche forestali del Paese, rendendole compatibili con le statistiche internazionali;
- contribuire alla raccolta sistematica di dati sui prodotti del bosco legnosi e non.

Il prossimo inventario forestale dovrà colmare un ritardo più limitato negli anni (circa quindici, se verrà realizzato presto), ma senza dubbio consistente. Fino a pochi anni fa il bosco era considerato soprattutto come fonte di legno e di difesa idrogeologica e quindi la raccolta delle informazioni era finalizzata principalmente a questi aspetti. Attualmente il bosco è visto in maniera più globale, come sistema ecologico con un ruolo fondamentale nella salvaguardia della biodiversità e nel ciclo globale del carbonio, in grado di fornire una molteplicità di funzioni produttive, protettive e socioeconomiche. Si può dunque affermare che un inventario nazionale deve essere in grado di raccogliere una serie dì informazioni relative alle funzioni che la società vorrebbe che fossero svolte dalle risorse forestali. Per questo motivo il prossimo inventario forestale nazionale non raccoglierà, verosimilmente, le stesse informazioni del precedente inventario, ma dovrà tentare di esprimere al meglio le esigenze informative attuali relative alle risorse forestali (Bianchi, 1997; Bianchi et al., 1998): alcune informazioni potranno essere confrontate con quelle rilevate nel precedente inventario, mentre per altre, del tutto nuove, ciò non sarà possibile.

Il quadro in cui fu realizzato il precedente inventario nazionale si mostra profondamente mutato anche in termini di tecnologie disponibili per la raccolta e la gestione delle informazioni relative ai boschi. Gli ultimi decenni hanno visto un sensibile avanzamento tecnologico del settore forestale, con l'impiego sempre più frequente del telerilevamento (in particolare, da satellite), del sistemi informativi geografici (GIS) e del sistemi di posizionamento satellitare (GPS). Queste tecniche hanno in parte facilitato le possibilità di raccogliere informazioni e di aggiornarle in tempi rapidi, ma sono in continua e rapida evoluzione, cosicché non è sempre facile poter indicare in maniera inequivocabile le strade da percorrere per conoscere meglio le risorse forestali. D'altra parte, le tecnologie qui citate non furono impiegate nel precedente inventario e un loro impiego pone senza dubbio di fronte quesiti e problematiche profondamente diversi rispetto a quelli affrontati quindici anni fa.

In tempi più recenti gli inventari forestali nazionali sembrano aggiungere al ruolo tradizionale di strumento di raccolta delle informazioni anche quello di strumento essenziale per la verifica della sostenibilità dell'uso delle risorse forestali. I due elementi importanti da considerare in questo contesto sono la dimensione spaziale e temporale del concetto di sostenibilità. L'inventario nazionale è funzionale alla raccolta nei singoli paesi di dati, che, opportunamente aggregati, servono a creare un quadro di statistiche a livello continentale (ad es., europeo) o planetario. Tale esigenza nasce dalla consapevolezza che vari fenomeni (ad es., i cambiamenti climatici) hanno un effetto che si estende oltre i confini amministrativi del singoli paesi e, quindi, vanno studiati a livello globale. Una prima conseguenza importante è che negli ultimi anni, molto più di prima, è sentita l'esigenza di avere una base di definizioni comuni, in maniera da assicurare la compatibilità fra i dati: per l'inventario, ciò significa l'adozione di definizioni impiegate anche negli inventari di altri paesi. Rispetto alla dimensione temporale, invece, emerge ormai definitivamente l'interesse per lo studio di certe informazioni in maniera continuativa nel tempo, per seguire la dinamica di un fenomeno negli anni. Da qui l'idea sempre più diffusa di considerare un inventario forestale nazionale come forma di monitoraggio della gestione sostenibile delle foreste e la necessità di iniziare a pensare all'inventario come strumento continuo di raccolta delle informazioni, a intervallo costante (ad es., ogni dieci anni) e non episodico. Va sottolineato che in molti paesi la continuità inventariale è da molti decenni un dato di fatto.

Ormai qualsiasi tipo di raccolta di informazioni rischia di essere poco utile ed efficiente se non è in grado di integrarsi con gli altri sistemi di informazione territoriale (condotti con altri obiettivi). Un aspetto da non sottovalutare sarà dunque la capacità, da parte dell'inventario forestale nazionale, di essere una sorgente conoscitiva nell'ambito di una rete di informazioni sulle risorse naturali e rinnovabili a livello nazionale, alla quale concorrono processi diversi e paralleli (ad es., l'inventario delle risorse naturali, gli inventari forestali regionali ecc.), spesso con scale di analisi differenti.

Sembra abbastanza evidente, in definitiva, che il quadro entro il quale si svilupperà il prossimo inventario forestale nazionale sarà profondamente diverso rispetto a quello che caratterizzava il precedente. Così diverso, che risulta difficile una riproposizione automatica dell'impianto metodologico e concettuale precedente ed è opportuno avviare un'attenta riflessione sui punti salienti che potranno caratterizzare il futuro inventario.

Oltre a fornire statistiche forestali nazionali funzionali alle esigenze attuali, è opportuno che il prossimo inventario forestale nazionale:

- costituisca un sistema informativo funzionale a verificare la sostenibilità della gestione forestale;
- costituisca un sistema informativo forestale di dati georiferiti in grado di integrarsi con altre fonti informative simili.

La figura 1.1 illustra schematicamente i tre obiettivi principali del nuovo inventario. Il primo aspetto è quello tradizionale, proprio di ogni inventario forestale nazionale, che rappresenta una base di conoscenze utilizzata per lo sviluppo delle linee di politica forestale

nazionale ed internazionale e, qualora le statistiche vengano suddivise a livello regionale, anche un quadro di riferimento per le realtà regionali prive di dati relativi alle foreste. Questo obiettivo è prioritario e, se si vuole, rappresenta l'essenza dell'inventario. Ciò significa chiarire bene quali siano le esigenze informative attuali rispetto alle foreste, evidenziando il contesto nazionale ed internazionale forestale e le dinamiche più recenti.

Il secondo obiettivo vuole cogliere quella che sarà una probabile evoluzione: l'inventario nazionale diventerà uno strumento (non l'unico) di verifica della gestione forestale. Occorre avere ben chiaro sin da ora il significato del processo legato al concetto di sostenibilità, adattando l'inventario ad un suo utilizzo a tal fine. Anche in questo caso è necessario riflettere sul contesto nazionale ed internazionale e sugli sviluppi più recenti del dibattito sulle foreste.

Infine, la costituzione di un sistema informativo di dati sulle foreste risponde all'esigenza di un utilizzo più efficiente dell'informazione raccolta sulle foreste. Grazie alle nuove tecnologie è infatti possibile archiviare quantità immense di dati e gestirli per scopi diversi. In questo senso molti dati raccolti nel prossimo inventario saranno di tipo georiferito, cioè riferibili a punti del territorio noti, individuati da coppie di coordinate, e potranno integrarsi con dati di origine diversa (ad esempio derivati da inventari naturalistici o catastali). Anche qui è importante conoscere il contesto (progetti internazionali o nazionali di raccolta di dati) e chiarire, dunque, le possibili integrazioni fra le diverse fonti informative.

In sintesi, gli obiettivi rispondono a tre diversi tipi di esigenze: la prima è di carattere essenziale (è difficile discutere di statistiche forestali sulla base di informazioni raccolte quindici anni fa); la seconda consiste nel dimostrare la qualità della gestione forestale (disponendo di uno strumento nel quale i dati inventariali hanno un ruolo importante per verificare la rispondenza a determinati criteri); la terza punta ad arricchire il patrimonio di conoscenze relative al territorio (integrando i dati raccolti con altre sorgenti informative e aumentando, complessivamente, l'informazione).

Si tratta, in realtà, di esigenze che, come si vedrà nei successivi paragrafi, sono strettamente collegate fra loro. In questo capitolo verrà analizzato il dialogo internazionale e nazionale sulle foreste, dal quale scaturiscono le esigenze informative: di tale aspetto ci si occuperà nei successivi paragrafi (1.2 e 1.3). Nel paragrafo conclusivo (1.4) verrà invece discusso il modo in cui il flusso delle informazioni forestali potrebbe essere realizzato in maniera ottimale.

1.2 Il contesto

1.2.1 Il dialogo internazionale sulle foreste

L'attenzione internazionale sulle foreste ha conosciuto un forte impulso a partire dal Summit tenutosi a Rio de Janeiro nel 1992 (*United Nations Conference on Environment and Development – UNCED*), quando le foreste vennero riconosciute come sistema insostituibile per uno sviluppo sostenibile. Più di cento paesi (fra i quali l'Italia) si sono trovati coinvolti in iniziative di carattere internazionale e nazionale volte a definire in maniera operativa il raggiungimento di determinati requisiti di sostenibilità. Il concetto di sviluppo sostenibile è stato definito nel 1987 nel cosiddetto *Rapporto Brundtland* (*Our Common Future*) come "*sviluppo che risponde alle esigenze del presente, senza compromettere la possibilità delle generazioni future di soddisfare le proprie esigenze*". Questa definizione contiene due concetti fondamentali: è importante guardare alle esigenze dell'uomo e, considerato il presente stato di organizzazione sociale e sviluppo tecnologico, c'è la consapevolezza che debbano esistere dei limiti nell'uso delle risorse naturali e rinnovabili.

La discussione internazionale sugli argomenti forestali ha preso inizio con due documenti discussi e sottoscritti da molti paesi partecipanti al *Summit*, i *Forest Principles* (*The*

Non-legally Binding Authoritative Statement on Principles for a Global Consensus on the Management, *Conservation and Sustainable Development of Forests*, documento preparato dall'UNCED) e il capitolo 11 di Agenda 21 ("La lotta alla deforestazione"). Questi documenti hanno riscosso un primo consenso in sede internazionale sull'argomento foreste.

Nei *Forest Principles* vengono riconosciuti i diritti di sovranità dei vari paesi sulle proprie risorse forestali e si propongono dei principi generali che garantiscono una certa flessibilità nel gestire le proprie risorse forestali, secondo i propri obiettivi e indirizzi di politica ambientale. Il capitolo 11 di Agenda 21 contiene una serie di intenti, volti a rafforzare le istituzioni nazionali nel conseguimento di un uso sostenibile delle foreste sia nei paesi sviluppati che in quelli in via di sviluppo. Entro il Duemila si vogliono da un lato incrementare le capacità e le acquisizioni di conoscenze necessarie a proteggere e conservare le foreste, dall'altro accrescere le capacità professionali e tecniche per sviluppare politiche, piani, programmi, ricerca, sulla gestione, sulla conservazione e sullo sviluppo sostenibile di tutte le risorse di tipo forestale. Entrambi i documenti propongono principi e programmi di azione, ma non indicazioni precise su come realizzarli.

La conferenza di Rio de Janeiro ha prodotto una serie di iniziative "a cascata" sul settore forestale (Cozza, 1998). Ciò significa che a iniziative di più alto livello che hanno visto la partecipazione di molti paesi di continenti diversi, si sono aggiunte, sempre sugli stessi temi, iniziative che coinvolgevano paesi di particolari contesti geografici (ad es., l'Europa, i paesi temperati esclusa l'Europa, i paesi dell'America Centrale ecc.), oppure iniziative svolte a livello nazionale. L'insieme di iniziative rappresenta oggi di gran lunga l'esempio di maggiore coinvolgimento su tematiche forestali da parte dei vari paesi, segno della rilevanza che hanno assunto negli ultimi anni le risorse forestali. I temi più dibattuti hanno riguardato la biodiversità, i cambiamenti climatici, la gestione sostenibile a livello internazionale e nazionale, mentre a livello più circoscritto, ad esempio europeo, sono stati trattati anche temi specifici, come la cooperazione con i paesi dell'Est europeo o la difesa dall'inquinamento atmosferico. In figura 1.2 sono riassunti gli elementi essenziali di questo processo, sviluppati in questo e nei prossimi paragrafi.

Le Nazioni Unite nel 1993 hanno costituito una commissione intergovernativa sullo sviluppo sostenibile (*Commission on Sustainable Development* – CSD), che, a sua volta, ha istituito un organismo *ad hoc* sulle tematiche forestali, l'*Intergovemmental Panel on Forests* (IPF), giunto alla sua quinta ed ultima sessione nel 1997, con sede a New York. A questo gruppo hanno partecipato anche organismi quali FAO, UNDP, UNEP e ITTO. Da questi sviluppi è nato il programma dell'IPF, che in tempi rapidi ha raggiunto l'obiettivo di aumentare il consenso internazionale su punti chiave relativi alle foreste. Fra le varie iniziative portate avanti (oggi proseguite in un "forum" sulle foreste), vanno ricordate quelle relative ai piani forestali nazionali e quelle sullo sviluppo di criteri ed indicatori per la gestione sostenibile delle foreste.

Contemporaneamente a queste iniziative, la *Convenzione sulla Diversità Biologica*, adottata dall'UNCED e sottoscritta da 162 paesi, ha dato origine ad un processo simile tramite il *Subsidiary Body on Scientific, Technical and Technological Advice* (SBSTTA). L'intento è quello di regolare l'uso delle risorse di biodiversità delle nazioni, nel rispetto della loro sovranità. In un incontro tenutosi a Montreal nel 1996 fra SBSTTA e IPF si sono evidenziate le carenze di conoscenze sull'argomento biodiversità nelle foreste, si è previsto un approccio ecosistemico nel programma IPF sui piani forestali nazionali e l'integrazione di misure di conservazione e di uso sostenibile della diversità biologica; infine, è stata prevista l'inclusione della conservazione della diversità biologica e del mantenimento della qualità naturalistica delle foreste nel programma IPF sui criteri e gli indicatori.

Fra le altre iniziative internazionali che sono state approvate dall'UNCED va ricordata ancora la convenzione sui cambiamenti climatici (*Framework Convention on Climate Change* – FCCC), nata con gli obiettivi di stabilizzare la concentrazione di gas con effetto

serra nell'atmosfera a livelli che non causino danni al sistema climatico. In essa il ruolo delle foreste come *sink* potenziale di carbonio e nella regolazione del clima viene sottolineato più volte. Nonostante siano poco chiari i successivi sviluppi (soprattutto legislativo) di questa iniziativa, negli incontri che si sono succeduti è stato più volte ribadito l'impegno da parte degli stati membri a proteggere e a gestire in maniera sostenibile le proprie foreste.

Gli sforzi di conoscere a livello globale le risorse forestali del pianeta si sono ad oggi concretizzati soprattutto nelle iniziative condotte dalla FAO (in collaborazione con UN-ECE nel caso dei paesi temperati e boreali) sotto il nome di *Forest Resources Assessment* (FRA). Due componenti fondamentali di questo sistema di raccolta di informazioni (FAO, 1997) sono gli inventari forestali nazionali e una base comune di definizioni.

La qualità e la quantità di informazione raccolta a livello globale sulle risorse forestali dipende in larga misura dalla capacità degli inventari forestali nazionali di raccogliere e analizzare dati a livello nazionale e sub-nazionale, adattando queste informazioni in maniera da renderle compatibili con un livello globale (mondiale) o regionale (continentale). Dei 143 paesi industrializzati inclusi da FRA1990, quasi tutti avevano una stima della superficie forestale nazionale riferita agli anni tra il 1970 e il 1990. Solo venticinque avevano più di una stima e un numero ancor più limitato aveva condotto più di un inventario completo di tutte le informazioni (biomassa, volumi e altri parametri) nello stesso periodo (FAO, 1997). La situazione per i paesi in via di sviluppo è certamente peggiore e per questo l'UNCED, tramite Agenda 21, punta a migliorare qualitativamente il sistema di conoscenze delle risorse forestali globali nei prossimi anni.

Il secondo punto da sottolineare è la possibilità di aggregare i dati degli inventari forestali nazionali, adattandoli ad un sistema comune di classificazione. Un set comune di concetti e classificazioni per tutte le terre boscate del pianeta è fondamentale per assicurare la compatibilità fra le misure regionali e globali delle risorse forestali. La FAO e l'UN-ECE hanno avuto l'obiettivo, negli ultimi anni, di raccogliere un consenso internazionale riguardo un insieme minimo di definizioni e classificazioni. Nel giugno 1996, nella città finlandese di Kotka, è stato raggiunto un accordo su un set comune di parametri da misurare nel prossimo *Forest Resources Assessment* del 2000, di cui si parlerà in più punti in seguito.

In conclusione, emerge con notevole chiarezza che il dialogo internazionale sulle tematiche forestali è quanto mai vivace e, sebbene ancora in una fase di dibattito, è ricco di punti fermi, che sembrano sancire l'irreversibilità di certi processi, volti soprattutto a vincolare i vari paesi, Italia inclusa, a precise responsabilità sottoscritte a livello di trattati (Cozza, *op. cit.*). Questo dibattito ha contribuito a far uscire le problematiche forestali dal più ristretto campo delle discussioni tecniche, inserendole nel panorama più ampio delle risoluzioni e delle negoziazioni internazionali.

1.2.2 Il dialogo europeo sulle foreste

Le iniziative promosse a livello europeo (figura 1.2, evidenziato come "Processo di Helsinki") hanno conosciuto anch'esse un momento di rilancio in seguito a UNCED-Rio '92. In più riprese, l'Unione Europea ha contribuito in maniera significativa al dibattito internazionale, ma ha contemporaneamente sviluppato al suo interno una serie di iniziative volte a porre le basi, in prospettiva, di una strategia comune sulle foreste.

Il processo istituzionale ha avuto origine nel 1990, a Strasburgo, con la *I Conferenza interministeriale sulle foreste*. In quella sede vennero approvate sei risoluzioni, riguardanti soprattutto gli aspetti di ricerca in settori forestali di interesse comune (monitoraggio di effetti dell'inquinamento sulle foreste, conservazione delle risorse genetiche, banca dati sugli incendi forestali, foreste in ambiente montano, fisiologia degli alberi forestali, ricerca negli ecosistemi forestali).

La *II Conferenza interministeriale*, che si è tenuta a Helsinki nel 1993, ha avuto lo scopo di dare seguito a livello europeo agli impulsi provenienti da Rio '92 sulle foreste. Il notevole

sviluppo di iniziative successive ha fatto si che il loro insieme venisse poi denominato come "Processo di Helsinki". Parallelamente ed in forme analoghe si distingue un "Processo di Montreal" (per paesi non europei come USA, Russia, Australia, Giappone, Cina, Canada, Messico ecc.), un "Processo di Tarapoto" (che raccoglie i paesi dell'area tropicale sudamericana), un "Processo di Lepaterique" (dei paesi del Centro-America), e altri gruppi regionali coordinati dall'ITTO (per le aree tropicali) e dalla FAO/UNEP (Africa-Zone aride e Medio Oriente). Tutti hanno in comune l'intento di uniformare su base macroregionale la terminologia forestale e di cercare consenso sui concetti chiave e sui termini usati nelle discussioni internazionali relative ai criteri ed agli indicatori di sostenibilità.

Nella conferenza di Helsinki sono state sottoscritte quattro risoluzioni che rappresentano un significativo passo in avanti nella protezione e promozione della gestione sostenibile delle foreste in Europa. Esse riguardano: 1) linee generali per la gestione sostenibile delle foreste in Europa; 2) linee generali per la conservazione della diversità biologica delle foreste europee; 3) la cooperazione forestale con i paesi con economia in transizione; 4) strategie per un adattamento a lungo termine delle foreste europee al cambiamento climatico. Il processo di Helsinki è continuato con vari incontri di esperti (Ginevra 1994, Antalya 1995, Ginevra 1996), che hanno definito i criteri e gli indicatori atti a raccogliere nei vari paesi le informazioni sulla gestione sostenibile delle foreste.

Nel giugno 1998 a Lisbona si è tenuta la *III Conferenza interministeriale*, nell'ambito della quale, nelle due risoluzioni, si è sottolineata l'importanza degli aspetti socio-economici della gestione forestale e dell'adozione di criteri, indicatori e linee guida per la gestione sostenibile in Europa.

Uno sforzo consistente è stato compiuto negli ultimi anni a livello europeo nel tentativo di uniformare la raccolta di informazioni sulle foreste (Marchetti *et al.*, 1996; EC, 1997; Köhl e Päivinen 1996). Di alcuni importanti progetti si parlerà più diffusamente nei capitoli successivi.

Va infine sottolineato che manca una politica forestale dell'Unione Europea. Le iniziative in campo forestale sono frutto di interventi in altri settori (soprattutto agricolo ed ambientale) o di iniziative non coordinate. A questo fatto si accompagna la carenza di informazioni relative al settore: in una recente risoluzione del Parlamento Europeo (*Resolution on Forestry Strategy in the European Union, A4-0414/96*), si evidenzia la necessità che le iniziative del settore forestale siano accompagnate da adeguati strumenti di acquisizione delle informazioni, in grado di attestare l'effettiva sostenibilità della gestione forestale, dallo sviluppo delle funzioni economiche e sociali a quelle ecologiche.

La prospettiva futura è che si giunga ad una politica strutturata per il settore forestale, accompagnata adeguatamente da un sistema di informazioni continuo ed aggiornato nel quale gli inventari forestali nazionali avranno un ruolo fondamentale.

1.2.3 Il dialogo nazionale

Alla notevole mole di iniziative prese a partire da Rio '92 sulle foreste a livello internazionale (mondiale ed europeo) non ha corrisposto un'analoga attività nel contesto italiano. Nonostante questi limiti, una tappa importante del dibattito forestale è stata rappresentata dal II Congresso Nazionale di Selvicoltura, tenutosi a Venezia nel giugno del 1998, dove sono emerse, in vari contributi dei relatori, tematiche affini a quelle dibattute a livello internazionale. In particolare, come sottolineato da Caruso (1998), se un tempo la società chiedeva al bosco soprattutto prodotti, oggi è cresciuta la domanda di servizi ambientali, paesaggistici, biosferici e culturali. Ma non è per questo diminuita l'importanza produttiva dei boschi, visto che selvicoltura ed agricoltura si integrano a vicenda come forme di utilizzo della terra e fonte di occupazione nelle aree rurali. In altri termini, il concetto di multifunzionalità dei sistemi forestali appare oggi più che mai importante.

Fra le problematiche più discusse in campo forestale (Castellani, 1997; Caruso, 1994; MAF, 1990) vi sono: l'espansione della superficie forestale in seguito all'abbandono delle attività agricole, l'innalzamento del limite del bosco, il miglioramento del patrimonio forestale, le funzioni svolte dal bosco da privilegiare, l'inquinamento dell'aria e il riflesso sulle foreste, il pascolo in bosco, l'abbondanza di fauna selvatica, gli attacchi parassitari, gli incendi, la parcellizzazione esasperata della proprietà, l'erosione del suolo, ecc. Un problema sentito è anche la mancata conoscenza, in forma aggiornata, delle consistenze quali-quantitative del sistema forestale. La politica forestale degli ultimi decenni, secondo Hippoliti (1997) ha ridotto il peso del rimboschimenti, che avevano attraversato una fase di forte espansione a partire dagli anni '30, ha accentuato le attività di conversione dei cedui in fustaia, il vincolo alle utilizzazioni attraverso l'inclusione delle aree boschive nei parchi, i contributi (soprattutto europei) all'arboricoltura da legno, mentre il fabbisogno legnoso del paese (80% di importazioni) continua a crescere.

Più generalmente si deve ritenere che, similmente a quanto accade in altri paesi comunitari, la politica nazionale forestale risenta negli ultimi decenni in maniera sempre più forte dei riflessi della *Politica Agricola Comunitaria* (PAC). In mancanza di una vera e propria politica forestale comunitaria, il settore forestale è stato interessato soprattutto da due tipi di interventi:

- di politica agricola (ad es., l'imboschimento di terre agricole e la diversificazione colturale, per ridurre le eccedenze agricole);
- di politica ambientale (ad es., l'istituzione di una rete di aree a priorità di conservazione o gli interventi volti a ridurre e a controllare l'inquinamento atmosferico).

Sono questi interventi che hanno condizionato negli ultimi anni, assieme al panorama più ampio del mercato del prodotti agricoli e forestali, molte scelte gestionali e caratteristiche del settore forestale. Nei capitoli successivi verrà evidenziato come negli ultimi anni si siano sviluppati progetti specifici rispetto a queste tematiche, alcuni dei quali possono avere un certo interesse anche nel contesto del prossimo inventario.

1.3 Le esigenze informative: la gestione sostenibile delle foreste

Dai contesti descritti nei paragrafi precedenti emerge con evidenza che alcuni temi assumono una rilevanza notevole nei dibattito forestale, indipendentemente dallo scenario nel quale vengono discussi: ne è un esempio il concetto di sostenibilità, al quale, negli ultimi anni, si è tentato di dare un significato operativo.

Il tema della sostenibilità, così come quello di perpetuità e di multifunzionalità ad esso collegati, è patrimonio comune di gran parte del mondo forestale europeo, che per decenni ha gestito le risorse forestali secondo questa impostazione. Si tratta però di principi generali, ai quali occorre dare un significato operativo. In questo scenario, il ruolo svolto dai sistemi di acquisizione delle informazioni sul settore forestale (fra i quali rientrano gli inventari) è fondamentale e complesso: da un lato senza una raccolta sistematica di informazioni è improbabile poter parlare in termini oggettivi di "sostenibilità" della gestione forestale, dall'altro la complessità dei sistemi forestali e delle funzioni che questi sono in grado di svolgere non è semplice da rilevare, particolarmente quando si chiede di misurare funzioni che per definizione sono di tipo qualitativo, come il valore naturalistico o il valore culturale di un bosco.

Il dibattito più ampio di politica forestale considera i cosiddetti *criteri* ed *indicatori* come strumenti fondamentali per l'analisi delle tendenze nazionali delle condizioni forestali e della gestione forestale. Essi permettono di considerare il bosco come sistema ecologico complesso e dinamico, che fornisce un ampio spettro di benefici ambientali e socio-economici alla società. In Francia (Ministère de l'Agricuiture et de la Pêche, 1995), ad esempio, i dati

raccolti dall'inventario nazionale delle foreste sono stati utilizzati, assieme ad altri, per sviluppare un primo documento, realizzato in forma completa nel 1995, sugli "indicatori della gestione sostenibile delle foreste francesi" (cinquanta indicatori, raccolti in sei criteri).

Il concetto di *criteri* ed *indicatori* per la misura della "sostenibilità della gestione forestale" nasce più o meno contemporaneamente al *Summit* di Rio, ma in altra sede. Nello stesso periodo, infatti, la *Intemational Tropical Timber Organization* (ITTO) individuò cinque criteri e ventisette possibili indicatori per promuovere la gestione forestale sostenibile a livello nazionale nelle foreste tropicali. Questa iniziativa fu anticipatrice di altre successive, basate sullo stesso principio, e del lancio del Processi di Helsinki e di Montreal. Il primo ha portato a sei criteri e ventisette indicatori più idonei (tabella 1.1), ma ad Antalya nel 1995 è stata proposta una lista di 101 indicatori descrittivi, come base del lavoro futuro. I criteri e gli indicatori già approvati nei primi incontri sono stati infine confermati a Lisbona, nel giugno di quest'anno.

I *criteri* definiscono le componenti essenziali della gestione forestale sostenibile. Queste includono il contributo delle risorse forestali al ciclo del carbonio, la biodiversità, la salute delle foreste, i benefici socio-economici (come il turismo, la ricreazione e i valori culturali), così come le funzioni di produzione (prodotti legnosi e non legnosi) e di protezione (il suolo, le acque ecc.) dei boschi.

Un *indicatore* è invece il metodo di misura o di descrizione di singole componenti di un criterio e del suo significato. Ad esempio, la diversità di specie e di ecosistemi è un indicatore per la biodiversità, la biomassa legnosa totale e la superficie di boschi produttivi sono indicatori per la funzione produttiva delle foreste. Gli indicatori possono essere di tipo quantitativo o di tipo descrittivo (ad es., le iniziative legislative). È importante sottolineare che un solo criterio o indicatore non costituisce da solo una misura di sostenibilità. È l'insieme di criteri e indicatori che, osservato nel tempo, rappresenta un'immagine complessiva dello stato delle foreste di una regione e le tendenze verso la gestione forestale sostenibile. Appare qui evidente la stretta relazione fra il concetto di sostenibilità della gestione forestale e quello di multifunzionalità.

I criteri e gli indicatori sono stati definiti in primo luogo per l'analisi di tendenze nazionali delle foreste e della loro gestione. Non rappresentano di per sé dei valori standard cioè delle misure con significato specifico, ma piuttosto uno strumento per valutare nel tempo i cambiamenti delle foreste. L'interpretazione delle linee di tendenza (variazioni nei valori degli indicatori) deve aiutare ad individuare quali interventi possono servire a gestire in maniera sostenibile le risorse forestali e quindi ad indirizzare la politica forestale. In questo senso gli indicatori dovrebbero svolgere un ruolo simile a quello svolto in un altro contesto da indicatori economici, come il PIL, il tasso d'inflazione, il tasso di occupazione o di sconto, che sono utilizzati come indici dell'economia nazionale. Un collegamento strategico esiste dunque anche con il processo di ecocertificazione, che nei prossimi anni potrebbe avere un peso non solo a livello locale per la commercializzazione di prodotti legnosi ottenuti con tecniche di gestione ecocompatibili, ma anche a livello nazionale per qualificare le iniziative prese in campo ambientale da parte di un certo paese (ad esempio per la riduzione del gas con effetto serra). In definitiva, con queste informazioni dovremmo essere in grado di formulare meglio le politiche forestali e rendere meno retorico il dibattito sulla politica forestale a livello locale, nazionale, regionale ed internazionale (Wijerwardana *et al.*, 1997).

Alla luce di queste considerazioni, si evince che un inventario forestale nazionale potrebbe essere uno strumento funzionale per ottenere almeno parte delle informazioni relative alla sostenibilità ed alla multifunzionalità delle risorse forestali. Questi due aspetti sono le vere esigenze della società attuale nei confronti del bosco o, come è stato affermato da qualcuno, le "idee guida" per la politica forestale a cavallo del millennio.

Va tuttavia rilevato che nel contesto nazionale italiano manca a tutt'oggi un quadro con-

diviso o che raccolga un sufficiente consenso su criteri ed indicatori da impiegare, a livello nazionale, per il monitoraggio delle risorse forestali in chiave di gestione sostenibile. Il quadro di riferimento attuale è rappresentato dalle indicazioni emerse in sede europea (incontri di Antalya e Lisbona) o internazionale (*Forest Resources Assessments* della FAO), sebbene sia opportuno pensare ad un insieme di criteri ed indicatori sviluppato in base alle esigenze nazionali, pur tenendo in considerazione, ovviamente, le indicazioni di massima sovra-nazionali (Pettenella e Bertagnolli, 1997).

In questo panorama, i sistemi di raccolta di informazioni relative al settore forestale, dovranno adattarsi a queste nuove esigenze. Gli inventari nazionali, tradizionalmente (i primi, sono quelli condotti a partire dall'inizio del secolo dai paesi scandinavi), erano finalizzati a conoscere solo la "dimensione risorsa" del patrimonio forestale, raccogliendo informazioni soprattutto sulla superficie forestale (eventualmente anche la localizzazione), sui tipi di formazione e la composizione specifica, sul volume in piedi e sulla qualità commerciale.

Come è emerso, negli ultimi decenni è andata via via crescendo l'esigenza di includere altri temi forestali, legati ad esempio alla conoscenza delle biomasse e alla capacità di stoccaggio della CO_2 (Scarascia Mugnozza *et al.*, 1998), alla valutazione della fertilità stazionale, alle capacità protettive o ricreative del bosco, o alla valutazione della diversità biologica (Giannini *et al.*, 1998) e della naturalità. Nel prossimi paragrafi verranno illustrate per sommi capi le principali esigenze informative del settore forestale che, per comodità di trattazione, è possibile suddividere nelle seguenti aree tematiche:

- **informazioni generali sulle risorse forestali**
- **informazioni sulle funzioni ecologiche**
- **informazioni sulle funzioni economiche**
- **informazioni sulle funzioni sociali**

È evidente, da ciò che si è detto sopra, che quanto più si riuscirà a cogliere i diversi aspetti di queste aree tematiche, mediante opportuni attributi di misura o descrizione, tanto meglio si riuscirà a verificare in maniera concreta la sostenibiltà della gestione forestale che, su scala nazionale come locale, sembra essere l'esigenza più sentita dalla società attuale.

1.3.1 Informazioni generali sulle risorse forestali

La raccolta di informazioni generali sulle risorse forestali rappresenta l'obiettivo tradizionale degli inventari forestali nazionali. È quanto mai urgente aggiornare questo tipo di informazione poiché dall'ultimo inventario, condotto nel 1985, possono essere cambiati molti parametri. Si tratta di informazioni basilari dalle quali partono un po' tutte le considerazioni di politica forestale e richieste ad esempio nei *Forest Resources Assessments* della FAO. Dalle caratteristiche generali del boschi (estensione, tipo di gestione, caratteristiche strutturali e selvicolturali) possono dipendere in maniera indiretta molte altre caratteristiche, valutate con modelli o procedure di calcolo che utilizzano i dati inventariali come fonte informativa: ne sono un esempio la naturalità, la vulnerabilità (capacità di reagire a disturbi), le capacità produttive e di stoccaggio del carbonio e l'attitudine a svolgere certe funzioni economiche e sociali.

A livello nazionale c'è un notevole interesse a conoscere i cambiamenti nella superficie boscata poiché in più casi è stato constatato un avanzamento del bosco su superfici originariamente destinate a scopi agricoli, riflesso di una tendenza all'abbandono delle attività agricole nelle aree più difficili. Un'ulteriore spinta all'aumento dell'area forestata è data dai nuovi impianti di arboricoitura da legno realizzati secondo gli indirizzi della PAC. Dati che continuano ad avere un notevole interesse a livello nazionale sono quelli relativi a forma di governo, proprietà, funzione prevalente. Ad esempio è interessante seguire l'evoluzione dei

dati relativi alla forma di governo, poiché uno dei punti fermi della politica forestale italiana è quello del miglioramento dei cedui, considerati dal piano forestale come "boschi poveri" e molte sono state le spinte verso interventi di conversione. La proprietà, pur non subendo presumibilmente grandi oscillazioni (certo non paragonabili a quelle dei paesi con economia in transizione), continua ad essere un dato interessante per spiegare certi fenomeni.

Crescente interesse si nota per le informazioni di carattere biologico-ecologico del soprassuoli, come ad esempio la ripartizione specifica dei boschi e l'area biogeografica e fisica di appartenenza. Anche qui va segnalato il mancato consenso su una classificazione di qualsiasi tipo. Esistono tuttavia documenti comunitari che fissano dei limiti generali di riferimento di cui si tratterà nei capitoli successivi.

I dati relativi alla struttura (età, classi di diametro, stratificazione, copertura) possono essere importanti per una caratterizzazione più completa dei soprassuoli e potrebbero essere impiegati per derivare ulteriori informazioni (ad es., capacità di stoccaggio di carbonio).

Questo gruppo di informazioni è stato raccolto con il precedente inventario e costituisce un elemento di continuità con il prossimo inventario. Sulle possibilità di confronto diretto fra i dati dei due inventari è necessario fare varie riflessioni, che iniziano dalla definizione di bosco adottata, di cui si parlerà più diffusamente nel terzo capitolo.

1.3.2 Funzioni ecologiche

Le foreste rappresentano spesso nel territorio rurale un residuo dell'ambiente naturale. Gli interventi antropici in esse si succedono a distanza di decenni e non di stagioni, come avviene per l'agricoltura. Per questo, un inventario condotto, ad esempio, ad intervallo decennale (auspicabile per un inventario nazionale) è uno strumento funzionale per conoscere i cambiamenti che avvengono negli ecosistemi forestali, di per sé dotati di forte resilienza.

Le funzioni ecologiche non sono state considerate, se non in forma parziale, nell'inventario precedente: l'importanza di acquisire informazioni in questa area tematica è relativamente recente (in pratica, a partire da Rio '92): confronti col passato non saranno probabilmente possibili.

I punti chiave dei dibattito più recente su questo tema sono:

- **Biodiversità**
  Piante e animali presenti nei boschi contribuiscono al funzionamento degli ecosistemi e indirettamente all'importanza economica delle foreste. Le attività antropiche più intensive possono incidere pesantemente sulla composizione specifica di un habitat e non sono noti i cambiamenti che intercorrono in essa anche con livelli di impatto medio-basso. La protezione delle aree boscate è una delle forme più efficaci per la conservazione in-situ della biodiversità.
  Nel nostro Paese il dibattito sulla biodiversità è altrettanto vivace come a livello internazionale. Molta attenzione è rivolta anche alla politica di protezione dei territorio. Gran parte dei parchi nazionali hanno una consistente parte della loro superficie interessata dai boschi e non sono da trascurare le altre aree protette di estensione più limitata. C'è attenzione verso le specie forestali (sia vegetali che animali) minacciate, con alcuni casi eclatanti come l'Abies nebrodensis e la Zelkova sicula in serio rischio di estinzione. Sebbene non ovunque, il rapporto specie autoctone/esotiche determina conflitti ed è quindi un argomento sentito. Un tema particolarmente dibattuto nella gestione dei boschi (selvicoltura naturalistica), di carattere più tecnico-selvicolturale, è la mescolanza delle specie forestali. Importante è pure una riorganizzazione delle conoscenze sulle risorse genetiche forestali.

- **Mantenimento dei grandi equilibri ecologici**
  La foresta include un gran numero di ecosistemi forestali complessi che, per loro struttura e funzioni (stoccaggio, riciciaggio, flusso di elementi), e per le interazioni con l'atmosfera, l'acqua e i suoli, svolgono un ruolo essenziale negli equilibri ecologici dai quali dipendono le attività umane. Questo ruolo si esprime a tutti i livelli spaziali, da quello locale a quello globale, di biosfera. È importante sottolineare che queste funzioni dipendono in larga misura da:
  – scala spaziale su cui si esplicano;
  – estensione in termini quantitativi (superficie) delle foreste e qualitativi (struttura e ripartizioni delle superfici);
  – "qualità" degli ecosistemi (diversità, funzionamento, flussi trofici…)
  I due tipi di funzioni fondamentali da citare in questo contesto sono quella di regolazione (del clima, della qualità dell'aria, del regime e della qualità delle acque e del mantenimento del suolo) e di protezione (contro i rischi naturali e il rumore).

1.3.3 Funzioni economiche

Le funzioni economiche delle foreste, per comodità, possono essere distinte in prodotti (con una teorica possibilità di attribuirvi un valore di mercato, anche se fittizio) e in servizi (legati ad una domanda più sfumata, di interesse generale). L'inventario precedente non ha raccolto che in minima parte queste informazioni, anche perché legate a caratteristiche del mercato o perché difficili da reperire. L'esigenza di conoscere questi aspetti ha assunto in tempi recenti grande valore nel quadro di una rivalutazione dell'assorbimento occupazionale del settore forestale e della diversificazione della produzione nelle aree rurali, interessate dalle eccedenze agricole.

- **I prodotti**
  Fra i prodotti a valore di mercato c'è la produzione di legno come materia prima (costruzioni, mobili ecc.) e come fonte energetica. In quest'ultimo caso esiste anche un valore ambientale (oltre a quello economico) legato all'impiego alternativo ai combustibili fossili delle biomasse vegetali. L'Italia è soprattutto un trasformatore di legno (l'industria del mobile, da sola, dà lavoro a circa 180.000 persone), ma le informazioni su questi aspetti non fanno generalmente parte di un inventario nazionale (semmai di progetti paralleli).
  Nel nostro Paese larga parte del dibattito è rivolto sul se e sul come utilizzare i boschi, mentre il deficit commerciale del settore è visto difficilmente risanabile nel breve periodo, anche in considerazione della qualità media del legname, che, salvo particolari eccezioni, non è molto richiesto dal mercato, e degli elevati costi di utilizzazione. Consistenti investimenti sono stati fatti in passato, e tuttora vengono avallati a livello comunitario, nel settore dell'arboricoltura da legno. I rimboschimenti, favoriti in passato, in tempi più recenti non hanno visto sensibili incrementi di superficie.
  Altri prodotti rilevanti sono alcuni composti chimici (una volta la resinazione era una pratica diffusa), il sughero, i vegetali ad azione decorativa, la selvaggina e i prodotti a valore locale non legnosi (funghi, piccoli frutti, castagne, fiori dei sottobosco, piante aromatiche e medicinali…). Questa produzione non è da considerarsi secondaria in termini di importanza anche economica. In prospettiva, queste produzioni sono ritenute importanti nel quadro di una diversificazione, di un aumento di qualità dei prodotti del sistema agro-forestale e di un rilancio dell'economia delle aree rurali.

- **I servizi**
  Fra i servizi vanno ricordati il pascolo in foresta e l'impatto sulla gestione dei territorio. Il primo è particolarmente importante nelle aree mediterranee, dove contribuisco in maniera non secondaria alla prevenzione degli incendi. Componente fondamentale dello

spazio rurale italiano, la foresta svolge un ruolo chiave anche per la gestione del territorio:

– direttamente: offrendo occupazione in aree, come quelle montane, che non possono disporre di attività agricole o industriali;
– indirettamente: mantenendo la vita nel mondo rurale grazie alla complementarietà agricoltura-foresta sulla quale si è tradizionalmente basata la piccola azienda familiare della collina e della montagna italiana, favorendo la costituzione di una rete funzionale di infrastrutture rurali (ad es., le strade).

1.3.4 Funzioni sociali

La foresta rappresenta un patrimonio culturale collettivo per gli uomini e la società, componente essenziale dei paesaggio e luogo di ricreazione. L'inventario precedente non ha considerato questi aspetti e anche il prossimo inventario potrà considerarli solo in parte, trattandosi, talvolta, di aspetti difficilmente quantificabili.

Si possono distinguere tre diversi domini delle funzioni sociali: spazi verdi urbani (con i boschi che sono più propriamente dominio della pianificazione urbanistica e del giardinaggio); foreste sottoposte a una forte pressione sociale (in zone periurbane o litorali); boschi di zone rurali, queste ultime essenziali per la popolazione locale e soggette, in certi casi, a una pressione turistica stagionale. I tre aspetti principali di questa area tematica sono:

- **Aspetti culturali**
  La foresta risponde da un lato al desiderio di "naturalità", dall'altro alla ricerca di calma, solitudine ed evasione, concetti riscontrabili anche nel significato che gli antichi davano al termine silva. In questo senso la foresta ha ispirato altissimi momenti culturali (si pensi alla Divina Commedia o alla pittura rinascimentale).

- **Dimensione paesaggistica**
  La percezione dell'importanza degli ambienti forestali nel paesaggio è relativamente recente. Oggi, in particolare nella gestione del territorio, i boschi assumono la funzione di prevenire certi impatti visivi dovuti ad un'eccessiva linearità (strade, colture agricole…), alla presenza di particolari strutture (piste da sci, edifici…), oppure favoriscono una diversità cromatica, importante dal punto di vista estetico.

- **Attività ricreative**
  Parallelamente a questi rapporti di carattere simbolico e affettivo, i boschi offrono anche possibilità "oggettive" di ricreazione: escursionismo, attività sportive (equitazione, sci, cicloturismo…), fotografia, birdwatching, collezione (piante, insetti…). Queste attività cambiano rapidamente, anche con le mode, e talvolta si presentano in forme distruttive o generatrici di degrado (ad es., motocross, aree pic-nic). In ogni caso, a seconda del grado di frequentazione, le foreste possono presentare fenomeni di degradazione o di disturbo (ad es., nei confronti della fauna), che indicano come prioritaria una pianificazione accurata dell'uso ricreativo.

1.4 L'ottimizzazione del flusso delle informazioni

In questo paragrafo conclusivo si cercherà di delineare, alla luce di quanto emerso nel dibattito nazionale ed internazionale sulle foreste e delle esigenze informative più recenti, alcuni elementi che potrebbero garantire una gestione efficace delle informazioni raccolte dal prossimo inventario.

Il punto di partenza è la risoluzione L2 della recente III Conferenza ministeriale di Lisbona sulle foreste (*Pan-European criteria, indicators and operational guidelines for sustainable forest management*), nella quale viene ribadita la necessità di misurare, a livello nazionale ed internazionale, la sostenibilità della gestione forestale per mezzo di una base di criteri ed indicatori comune (tabella 1.1), da considerarsi come strumento per lo sviluppo delle politiche forestali, per piani e programmi e per la collezione di dati intersettoriali. Rimanere fuori da tale processo appare dunque sconsigliabile, visto che il nostro Paese vi ha finora aderito. Il problema si configura nei seguenti termini: quanto sono adeguati gli attuali sistemi di raccolta dei dati forestali nel nostro Paese, a soddisfare l'esigenza di conoscere, a livello nazionale, la sostenibilità della gestione forestale?

La risposta è abbastanza semplice: gli inventari forestali regionali sono stati realizzati (come si dirà nei successivi capitoli) in maniera differente da regione a regione, con intervalli temporali di realizzazione talvolta assai diluiti, ed in molte regioni, particolarmente dei Sud, mancano del tutto. L'inventario precedente è stato realizzato quasi quindici anni fa e i dati, sebbene ancora utilizzati, sono sicuramente da aggiornare. Le raccolte di dati ISTAT coprono l'informazione relativa soltanto a parti specifiche del settore forestale e non forniscono indicazioni sulla precisione delle stime. Esistono soprattutto ben poche informazioni (salvo quelle derivate da alcuni progetti comunitari) sulle funzioni ecologiche, economiche e sociali delle foreste. In breve, si evince che, allo stato attuale, il nostro Paese dispone di un sistema di informazioni inadeguato a dare una risposta sulla sostenibilità della gestione forestale, pur trattandosi di un principio sottoscritto ai più alti livelli.

Bisogna indicare con precisione, tuttavia, quali strategie vadano seguite per adeguare anche il nostro Paese a questa esigenza, che vede coinvolti a vario titolo, altri paesi, organismi internazionali o centri di ricerca. Verranno di seguito trattati i punti ritenuti essenziali affinché il prossimo inventario sia una sorgente importante per quel flusso di informazioni che colmerà le mancanze attuali.

- **Misura degli indicatori forestali mediante l'inventario forestale nazionale**
  Come si è visto, il riferimento al concetto di gestione sostenibile delle foreste genera nuove domande di informazione sulle riconosciute funzioni delle foreste, in particolare quelle ecologiche, economiche e sociali. In presenza di un panorama assai poliedrico di richieste informative, varie iniziative internazionali, discusse approfonditamente in seguito, hanno mirato ad incanalare il dibattito verso la definizione di una base comune di attributi da rilevare, magari con diverse priorità.
  Va tuttavia analizzato un aspetto importante: fino a che punto un inventario forestale nazionale risponde alle esigenze informative richieste a livello internazionale sulla sostenibilità? Si può constatare, sulla base del dibattito realizzato a questo proposito, che non molte delle informazioni "emergenti" richieste (ad es., su biodiversità o protezione di suolo ed acque) sono realmente operative allo stato attuale. In uno studio FAO (1996), sono stati presi in esame ad esempio 80 attributi di interesse inventariale, divisi nelle seguenti aree tematiche (tabella 1.2):

  1. situazione ed evoluzione delle risorse forestaii (attributi generali);
  2. diversità biologica;
  3. vitalità e stato di salute delle foreste;
  4. produzione di legno ed altri prodotti forestali;
  5. protezione di suolo ed acque;
  6. funzioni socio-economiche.

  È significativo che vi siano metodi di raccolta sperimentati ed impiegati negli inventari forestali nazionali per un numero sufficientemente ampio di attributi solo per i gruppi l., 3. e 4., mentre ciò si realizza solo in rari casi per i gruppi 2., 5. e 6. Questi ultimi rappresentano infatti le tematiche "emergenti", i cui metodi di raccolta informativa sono ancora

poco sperimentati e di cui è possibile stimare alcuni parametri solo usando sorgenti di dati diverse dagli inventari.
Da questo derivano due conseguenze importanti. La prima è che le informazioni necessarie per la gestione sostenibile delle foreste non possono essere raccolte tutte mediante un inventario forestale: sarà importante coordinare varie iniziative di raccolta dei dati similmente a quanto viene fatto da altri paesi (ad es., la Francia), predisponendo gli strumenti e le strutture più idonee, come sarà indicato nei punti successivi. La seconda è che occorre definire con precisione le modalità di raccolta dei dati relativi proprio alle tematiche "emergenti" (diversità biologica, protezione di suolo ed acqua, funzioni socio-economiche), per le quali le esperienze in termini di misure sono ancora limitate.
I vari dibattiti internazionali che si sono tenuti su questo secondo punto (trattati diffusamente nei successivi capitoli), hanno risolto solo in parte il problema, delegando poi, a livello delle singole nazioni, la soluzione del quesito sulla base delle esperienze specifiche. Ad esempio, la FAO per il *Forest Resources Assessment* del 2000 ha individuato una base di definizioni comune, mentre a livello europeo, nell'ambito della valutazione della sostenibilità della gestione forestale, sono state per ora definite solo linee di riferimento sui criteri e gli indicatori (Conferenza di Lisbona). In quest'ottica, non si è voluta prefigurare nemmeno in questo studio una soluzione definitiva, ma, nel capitolo 3, è riportata un'ampia rassegna di attributi di diverso tipo, nell'auspicio che essa sia la base di discussione per una scelta ponderata di ciò che deve essere stimato o no, sulla base di esigenze ed esperienze di diverso tipo (locali, nazionali).
In mancanza di tale discussione, tuttavia, sembra opportuno puntare alla stima di attributi sperimentati (prevalentemente legati, dunque, alle aree tematiche 11., 3., 4.), pensando piuttosto alla derivazione degli attributi delle altre aree tematiche per mezzo di calcoli o modelli che utilizzino i dati inventariali più "affidabili". Una raccolta di dati più limitata ha come conseguenza la possibilità di investire maggiori risorse nella raccolta delle informazioni secondo metodi sperimentati, rendendo, in definitiva, più elevata la qualità del prodotto inventariale.

- **Miglioramento della qualità dell'informazione forestale**
  Incidono sulla qualità dell'informazione forestale le definizioni differenti (a iniziare da quella di bosco), le nomenclature differenti per definire informazioni dello stesso tipo (ad es., categorie strutturali, classi d'età, …), i tempi diversi di raccolta dei dati ecc.
  Il problema di un'armonizzazione di definizioni e protocolli di misura si pone a livello internazionale, dove si è giunti appena in tempi recenti ad un punto di consenso su elementi minimi indispensabili (ad es., la definizione di bosco e certe nomenclature). Non vi è dubbio che la capacità degli scambi di dati a livello internazionale è facilitata se si adottano le stesse definizioni, per cui questa è una priorità da considerare con estrema importanza, almeno per un gruppo, appunto, di definizioni minime indispensabili.
  Ma il problema si pone anche a livello nazionale, dove ipoteticamente tanti processi inventariali locali potrebbero fornire i dati per l'inventario nazionale. Questa ipotesi sembra peraltro da scartare anche per le attuali difficoltà di coordinamento e di realizzazione omogenea degli inventari regionali. Sembra d'altra parte opportuno che le Regioni non vadano escluse, in prospettiva, dal dialogo sull'inventario nazionale. Una buona qualità dell'informazione forestale si realizza se anche negli inventari regionali si registra un minimo di consenso su certe definizioni, su quali attributi misurare, sui protocolli minimi di misura ecc., in maniera che vi sia un denominatore comune di avvicinamento metodologico nei dispositivi statistici forestali. Un analogo discorso può essere fatto con altre realtà nazionali (ISTAT, Ministero dell'Ambiente, ecc.) legate alla raccolta di dati sulle risorse forestali.
  La conclusione è che l'inventario nazionale è uno strumento di raccolta informativa più efficace, per gli obiettivi di carattere nazionale e internazionale relativi alle foreste, della somma di inventari più ridotti, a scala regionale. L'intervento dello Stato si ispirerà così al principio di sussidiarietà.

Da quanto detto consegue che è ipotizzabile che il Ministero delle Politiche Agricole, tramite la Direzione Generale delle Risorse Forestali Montane ed Idriche, si faccia promotore, nelle sedi e con le modalità più appropriate, del dibattito su queste tematiche, valorizzando la funzione di coordinamento che gli è propria dal punto di vista istituzionale.

- **Miglioramento della gestione dell'informazione forestale**
  Si tratta di consolidare e rafforzare il dispositivo attuale di raccolta dei dati sul settore forestale, caratterizzato da una grande dispersione e da uno scarso coordinamento. Questo significa che le varie iniziative condotte a livello locale finiscono per essere poco valorizzate. Viceversa, esiste una forte necessità di coordinarsi con le iniziative internazionali e, contemporaneamente, di costituire un elemento di riferimento per le iniziative locali.
  Per la gestione efficiente di tutte le informazioni relative al settore forestale sembrerebbe opportuno, come si è visto, un'integrazione con gli archivi di dati disponibili da altre indagini. La creazione di un sistema informativo sul settore forestale in cui confluiscano i dati di altri organismi che, a vario titolo, sono coinvolti nella raccolta di informazioni forestali (ad es., ISTAT, Regioni, Ministero Ambiente, Ministero Politiche Agricole) è un'ipotesi da valutare con interesse. Ad un sistema informativo nazionale sulle foreste, potrebbero essere collegati quelli regionali e quelli delle province autonome.
  I dispositivi attuali volti a favorire questo confronto con i rapporti internazionali e regionali da un lato, e la gestione integrata delle informazioni sul settore forestale dall'altro, sono ancora insufficienti. Un'ipotesi funzionale a superare tale limite potrebbe considerare un potenziamento degli investimenti attuali su questa tematica che conduca, in prospettiva, verso la creazione di un'unità di riferimento centrale creata appositamente in seno alla Direzione Generale delle Risorse Forestali Montane ed Idriche, con un'attività visibile in questo settore.
  Essa potrebbe essere dedicata, oltre a stimolare il dibattito su queste tematiche, alla realizzazione concreta di alcuni obiettivi di base, fra i quali:
  – la definizione di nomenclature comuni stabili;
  – l'armonizzazione dei protocolli di misura;
  – l'armonizzazione dei metodi di raccolta dei dati nel rispetto delle diversità locali;
  – la gestione razionale dei dati sul settore forestale derivati da differenti sorgenti, mediante la creazione di un sistema informativo del settore forestale.

  Sarà in definitiva importante assicurare la costanza del processo di acquisizione di informazioni sulla gestione sostenibile delle foreste, che attualmente è in fase di forte sviluppo e che potrà avere evoluzioni diverse e imprevedibili.

- **Il collegamento strategico con le Regioni**
  Si può individuare una contraddizione nel fatto che gran parte dei dibattito forestale si svolge a livello internazionale, dove viene ribadita l'importanza delle politiche forestali dei vari paesi, mentre in Italia la competenza in materia forestale è quasi tutta delegata a livello locale, alle Regioni. La contraddizione in sé è solo apparente, perché è il processo di decentramento dei poteri centrali verso quelli locali interessa in realtà anche altri settori oltre a quello forestale ed avviene in modo analogo anche in altri paesi.
  Allo stato attuale un interesse a partecipare alla realizzazione dell'inventario nazionale da parte dei servizi regionali c'è, purché questo rientri in un processo condiviso e non imposto dall'alto: in altri termini, l'inventario è da considerasi un punto di incontro di differenti esigenze, sebbene dev'essere chiaro fin dall'inizio che alcune di queste, anche fondamentali, possono essere inconciliabili.
  Lo spirito con cui affrontare il problema dovrebbe essere quello che è possibile che entrambi gli attori di questo processo ne traggano vantaggio: le Regioni potrebbero partecipare ad un processo comune di verifica della sostenibiiità della gestione forestale,

che può tornare utile a livello locale, e disporrebbero di una base di informazioni sulle proprie risorse forestali, utile per indirizzare la propria politica forestale. Lo Stato, a sua volta, si avvantaggerebbe del processo collaborativo locale, soprattutto in termini di organizzazione della raccolta di informazioni. In questa ottica anche una Regione svantaggiata e priva di mezzi particolari potrebbe partecipare ad un processo di tipo globale, nazionale ed internazionale.
Va da sé che iniziative locali sul tema della "sostenibilità della gestione forestale", magari di carattere sperimentale, o di tipo inventariale, possibilmente coordinate con quelle relative all'inventario nazionale, vanno comunque incoraggiate.

- **L'accesso all'informazione forestale**
  La facilità di accesso all'informazione deve essere un caposaldo del flusso informativo forestale, poiché è da un'ampia diffusione che si ha una piena valorizzazione del lavoro svolto ed una ricaduta anche in termini di visibilità. I circuiti di consultazione di dati relativi al settore forestale, a livello locale come nazionale, sono allo stato attuale mal definiti, complessi e burocratizzati e, in definitiva, poco funzionali.
  Questa mancata visibilità del settore forestale ha finora portato ad una difficoltà nell'individuare i problemi forestali concreti nelle sedi decisionali o anche presso un pubblico più ampio: il risultato è una diluizione dell'informazione forestale, ad esempio, in quella agricola o in quella ambientale, con una perdita di energie e di risultati.
  Le nuove tecnologie (non da ultimo Internet) potrebbero favorire assieme ad altre iniziative la valorizzazione più ampia delle informazioni sulla gestione sostenibile delle foreste.

1.5 Conclusioni

Il concetto di gestione sostenibile delle foreste ha consentito che le tematiche forestali emergessero in pochi anni "dal buio" dei dibattiti confinati alle disquisizioni tecniche. Le foreste sono oggetto di risoluzioni sottoscritte da molti paesi o oggetto di negoziazione e accordi non solo scientifici, ma economici e sociali. Il loro ruolo è cruciale anche nella Politica Agricola Comunitaria, interessata negli ultimi anni da profondi mutamenti.

È importante trasporre nella pratica i principi teorici relativi alla gestione sostenibile. Il prossimo inventario potrà concorrere al processo di stima di alcuni indicatori della sostenibilità a livello nazionale, colmando in maniera adeguata la carenza attuale di informazioni aggiornate sul settore forestale. La realizzazione di un sistema informativo forestale in cui confluiscano, oltre ai dati inventariali, anche altre sorgenti di dati forestali consentirà, fra le altre cose, di verificare sulla base di tutti i criteri richiesti la sostenibilità della gestione forestale a livello nazionale.

In questo senso, per mezzo di una politica forestale fondata su elementi oggettivi, anche il settore forestale italiano contribuirà al processo di integrazione pan-europea in atto e, nel contempo, contribuirà con un maggiore peso alla politica forestale mondiale.

Fig. 1.1 – Principali obiettivi del prossimo inventario forestale nazionale

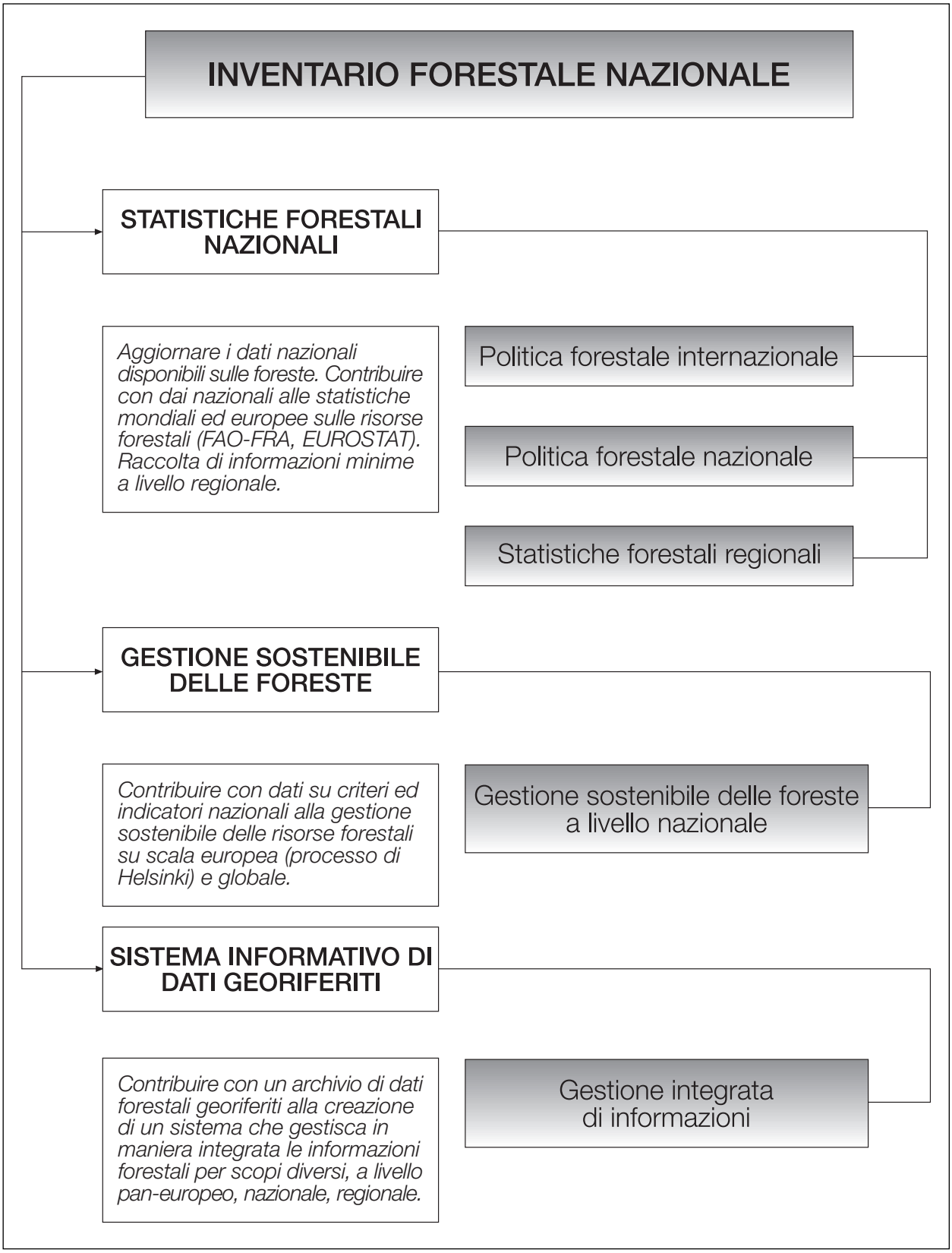


Figura 1.2 – Iniziative a vari livelli sulle foreste

Tabella 1.1 – Criteri ed indicatori più idonei per la gestione forestale sostenibile adottati a Ginevra (1994) nel primo incontro di esperti a seguito della Conferenza di Helsinki.

1.	**Mantenimento e miglioramento appropriato delle risorse forestali e loro contributo al ciclo globale del carbonio**
	1.1. Area forestale (boschi + altre terre boscate) e cambiamento
	1.2. Cambiamenti in provvigione
	1.3. Cambiamenti dei volumi medi sull'area forestale
	1.4. Cambiamenti nello stock di carbonio totale
2.	**Mantenimento dello stato di salute e della vitalità dell'ecosistema forestale**
	2.1. Cambiamento dei deposito di inquinanti (ogni 5 anni)
	2.2. Cambiamento nel grado di defogliazione (ogni 5 anni)
	2.3. Danni gravi di origine biotica
	2.4. Area forestale incendiata (annuale)
	2.5. Area forestale danneggiata da eventi meteorici e prelievi legnosi
	2.6. Porzione della superficie complessiva in rinnovazione danneggiata da fauna
	2.7. Cambiamenti nel bilancio nutritivo e acidità dei suolo (ultimi 10 anni)
3.	**Mantenimento e miglioramento delle funzioni produttive (legnose e non legnose) delle foreste**
	3.1. Bilancio fra crescita e prelievo legno negli ultimi 10 anni
	3.2. Superficie gestita secondo piani di assestamento
	3.3. Ammontare globale e cambiamenti nel valore/quantità di prodotti non legnosi
4.	**Mantenimento, conservazione e miglioramento appropriato della diversità biologica negli ecosistemi forestali**
	4.1. Cambiamento nella superficie di boschi naturali, protetti strettamente e non
	4.2. Cambiamento nel numero di specie minacciate, rispetto al totale di specie forestali
	4.3. Cambiamento porzioni di popolamento gestite come risorse genetiche
	4.4. Cambiamento nella percentuale di boschi misti di 2-3 specie arboree
	4.5. Area in rinnovazione naturale, rispetto al totale in rinnovazione
5.	**Mantenimento e miglioramento appropriato delle funzioni protettive nella gestione dei boschi**
	5.1. Porzione di aree forestali gestite primariamente per protezione del suolo
	5.2. Porzione di aree forestali gestite primariamente per protezione dell'acqua
6.	**Mantenimento di altre funzioni e condizioni socio-economiche**
	6.1. Ruolo del settore forestale nel PIL
	6.2. Area forestale accessibile per abitante per fini ricreativi
	6.3. Cambiamento del tasso di occupazione dei settore forestale

Tabella 1.2 – Possiblità di misurare attributi forestali usando sistemi di inventari forestali nazionali (FAO, 1996).

A. Attributo già incluso in molti inventari nazionali, metodi di stima sperimentati
B. Attributo generalmente non incluso negli inventari nazionali, ma metodi di stima sperimentati
C. Attributo non incluso negli inventari nazionali, possibile stima con calcoli o modelli, usando dati inventariali o di altre sorgenti
D. Attributo non incluso negli inventari nazionali, possibile stima usando altre sorgenti
E. Attributo che non può essere stimato

Aree tematiche	**A-B-C**	**D-E**	**Totale**
Situazione ed evoluzione delle risorse forestali	18	4	22
Diversità biologica	2	12	14
Vitalità e stato di salute delle foreste	6	12	18
Produzione di legno e altri prodotti forestali	4	7	11
Protezione di suolo ed acqua	–	9	9
Funzioni socio-economiche	1	5	6

Bibliografia

Bianchi M., 1997. *Quale inventario inventare?* Monti e Boschi, 5: 2-3.

Bianchi M., Corona P, Marchetti M., 1998. *Gli inventari e il controllo dei sistemi forestali italiani.* Intervento al II Congresso Nazionale di Selvicoltura, Venezia 24-28/7/98.

Caruso C., 1994. *Foreste e forestali.* L'italia Forestale e Montana, 6: 595-606.

Caruso C., 1998. *Boschi e società, turismo, produzione, occupazione*. Intervento al II Congresso Nazionale di Selvicoltura, Venezia 24-28/7/98.

Cozza F., 1998. *La politica forestale nel quadro delle convenzioni internazionali*. Intervento al II Congresso Nazionale di Selvicoltura, Venezia 24-28/7/98.

Castellani C., 1997. *I problemi di gestione dei boschi italiani.* Camera di commercio, industria, artigianato e agricoltura di Rieti. 440 pp.

EC, 1997. *Study on European Forestry Information and Communication System Reports on Forestry Inventory and Survey Systems.* Vol. 1+2, Luxembourg.

FAO, 1996. Mengin-Lecreulx P. – *National, regional and global forest indicators and possibilities of estimation as a part of inventories*. Reference document of the Expert Consultation on the Global Forest Resources Assessment 2000. Kotka, Finland, 10-14 June 1996.

FAO, 1997. *State of the World's Forests.* Rome, 198 pp.

Giannini R., Giordano E., Stettler R., 1998. *Biodiversità e miglioramento genetico in una selvicoltura sostenibile.* Intervento al II Congresso Nazionale di Selvicoltura, Venezia 24-28/7/98.

Hippoliti G., 1997. *Informazioni per il prossimo Congresso Nazionale di Selvicoltura.* Sherwood, 28: 5-8.

Köhi M., Päivinen R., 1996. *Definition of a System of Nomenclature for Mapping European Forests and for Compiling a Pan-European Forest Information System.* ECSC-EC-EAEC Brussels Luxembourg.

Marchetti M., Folving S., Kennedy P, 1996. *Inventari delle risorse forestali: una proposta di regionalizzazione e nomenclatura per gli ecosistemi forestali pan-europei.* Monti e Boschi, 4: 5-13.

Ministère de l'Agricuiture et de la Pêche, 1995. *Les indicateurs de gestion durable des forêts françaises.* 50 pp.
MAF – ISAFA, 1988. *Inventario Forestale Nazionale 1985. Sintesi metodologica e risultati*, Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste – Istituto Sperimentale per l'Assestamento Forestale e l'Alpicoltura, Trento.
MAF, 1988. *Schema di piano forestale nazionale, approvato dal Comitato interministeriale per la programmazione economica – CIPE – il 2 dicembre 1987, in applicazione dell'art. 2, comma 3, della legge 8 novembre 1986, n. 752, recante "Legge pluriennale per l'attuazione di interventi programmati in agricoltura".* G. U. 7.3.1988, Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste, n. 16, 79 pp.
Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste, 1990. *Strategia forestale nella Comunità Europea. Elementi di politica forestale italiana. Orientamenti per una politica forestale mondiale.* Collana Verde, 78, 295 pp.
Pettenella D., Bertagnolli A., 1997. *Gestione Forestale Sostenibile: una proposta di un insieme di indicatori su scala nazionale*. Atti I Congresso SISEF, Padova, 189-191.
UN, 1977. *UN-ECE/FAO Temperate and Boreal Forest Resources Assessment 2000*. Enquiry. New York and Geneva.
Scarascia Mugnozza G., De Angelis P, Matteucci G., Valentini R., 1998. F*oreste e cambiamenti climatici.* Intervento al II Congresso Nazionale di Selvicoltura, Venezia 24-28/7/98.
Wijewardana D., Joyce Casweli S., Palmberg-Lerche Ch ., 1997. *Criteria and indicators for sustainable forest management*. Atti XI Congresso Mondiale Foreste, Antalya 13-22 ottobre 1997. FAO, Roma.

Acronimi e sigle ricorrenti nel capitolo 1

CSD – Commission on Sustainable Management
FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations
FCCC – Framework Convention on Climate Change
FRA – Forest Resources Assessment
GIS – Geographic Information System
GPS – Global Positioning System
IPF – Intergovemmental Panel on Forests
ITTO – International Tropical Timber Organization
MAF – Ministero per l'Agricoltura e le Foreste
SBSTTA – Subsidiary Body on Scientific, Technical and Technological Advice
UNCED – United Nations Conference on Environment and Development
UNDP – United Nations Development Programme
UN-ECE – United Nations – Economic Commission for Europe
UNEP – United Nations Development Programme

Capitolo 2

INIZIATIVE INTERNAZIONALI E NAZIONALI

SOMMARIO

2.1 Premessa	pag.	32
2.2 Le indagini FAO	»	33
2.3 Le iniziative europee	»	34
2.3.1 Gli studi per un sistema informativo europeo delle foreste	»	34
2.3.1.1 Il progetto FIRS	»	34
2.3.1.2 Lo studio EFICS	»	39
2.3.2 Le iniziative per l'individuazione delle aree di interesse naturalistico	»	40
2.3.2.1 Il Programma CORINE	»	40
2.3.2.2 Il censimento dei siti Natura 2000	»	43
2.3.3 Le statistiche europee sulle foreste	»	44
2.4 Le iniziative nazionali	»	45
2.4.1 Le informazioni relative ai boschi italiani	»	45
2.4.2 Il progetto Bioitaly e altre iniziative del Ministero dell'Ambiente	»	48
2.4.3 Le statistiche forestali nazionali	»	51

2.1 Premessa

L'interesse della comunità internazionale nei confronti delle risorse forestali e della loro importante funzione nella salvaguardia degli equilibri ambientali del pianeta è andato aumentando nel corso dell'ultimo decennio. Come già esposto nel capitolo precedente (cap. 1), numerosi accordi internazionali hanno riguardato più o meno recentemente le foreste, dai principi scaturiti dal Summit di Rio de Janeiro alle convenzioni su biodiversità e cambiamenti climatici, fino ai processi relativi alla gestione sostenibile delle foreste. Lo stesso capitolo ha analizzato anche le possibili conseguenze di queste iniziative sul futuro inventario nazionale, definendo le informazioni richieste al nostro paese dalla collettività internazionale. Con sempre maggiore frequenza infatti, gli inventari forestali dovranno rispondere a quesiti relativi all'efficienza e al valore dei boschi in termini di produzione di ossigeno, fissazione del carbonio, biodiversità. Le informazioni prodotte dall'attività inventariale sono inoltre essenziali per valutare la sostenibilità della gestione delle foreste (v. par. 1.3).

Parallelamente all'aumento delle esigenze informative su scala planetaria, è cresciuta anche la domanda di informazioni relative allo stato delle foreste nel continente europeo. Il processo di unificazione e i suoi effetti in tutti i settori della vita economica e sociale dell'Unione si traduce in norme e regolamenti sempre più "europei" e sempre meno "nazionali". Ciò comporta la necessità di riferirsi a definizioni, metodi, procedure stabiliti secondo standard concordati tra i partner dell'Unione. I più recenti studi e progetti comunitari relativi alle foreste europee mirano pertanto a colmare le lacune informative nonchè a rendere confrontabili le informazioni esistenti presso i singoli Stati attraverso l'adozione di definizioni e procedure di rilievo il più possibile unitarie.

A livello nazionale è stata avviata in questi ultimi anni una serie di iniziative volte a garantire il rispetto degli impegni presi in sede europea e a colmare le lacune informative nella conoscenza delle risorse naturali e del territorio. Il nostro Paese ha partecipato infatti ai progetti di studio e monitoraggio dell'ambiente e delle foreste promossi nell'ultimo decennio dalle istituzioni dell'Unione Europea e ha avviato o sta avviando iniziative nazionali in risposta alle nuove esigenze informative.

Se da una parte si riconosce un maggiore impegno dei nostro Paese nell'acquisizione di conoscenze relative all'ambiente naturale, si deve anche segnalare lo scarso coordinamento a livello nazionale tra i progetti promossi dai diversi enti e dalle diverse istituzioni. Ciò riduce inevitabilmente l'utilità delle conoscenze acquisite e l'efficacia degli strumenti realizzati.

Il futuro Inventario Forestale Nazionale (IFN) si inserisce in questo quadro di iniziative quale momento di acquisizione di conoscenze specifiche. Esso dovrà quindi integrarsi nel modo migliore possibile con gli altri progetti nazionali e internazionali per rispondere alle richieste informative provenienti dall'esterno e per contribuire alla costituzione di un sistema informativo nazionale completo e integrato su ambiente e territorio.

A tal fine nelle pagine che seguono viene presentata una panoramica delle più recenti iniziative nazionali e internazionali aventi come obbiettivo l'acquisizione di informazioni sulle foreste e sui sistemi naturali in genere. L'analisi pone l'accento sulle potenziali ricadute delle stesse iniziative in termini di qualità e quantità delle informazioni, allo scopo di prevedere integrazioni e collegamenti del futuro inventario forestale italiano con altri *database* territoriali ai diversi livelli.

2.2 Le indagini FAO

Le risorse forestali dei pianeta sono state oggetto, a partire dal 1947, di indagini e studi condotti dalla FAO in collaborazione con la *Economic Commission for Europe delle Nazioni Unite* (UN-ECE). I *Forest Resources Assessment* (FRA), realizzati a cadenza dapprima quinquennale e poi decennale, hanno interessato, anche se con modalità diverse, sia le zone tropicali che quelle temperate e boreali. Per queste ultime l'analisi è stata condotta per i paesi sviluppati dal *FAO/ECE Working Party on Forest Economics and Statistics*, un organismo a sussidio della *FAO European Forestry Commission e del UN/ECE Timber Committee*.

La superficie complessivamente interessata dai FRA e i contenuti dei censimenti sono andati via via estendendosi ad aree e discipline prima non interessate dalle analisi FAO. Il numero dei paesi che forniscono dati è progressivamente aumentato fino ai 143 paesi di FRA'90 e sia le definizioni che il tipo di informazioni richieste sono mutate nel tempo riflettendo i cambiamenti avvenuti nella considerazione comune del ruolo e dell'importanza delle foreste. Le prime indagini infatti servivano a fornire informazioni soprattutto sulla produzione e sul consumo di prodotti legnosi, mentre le altre funzioni delle foreste, e in particolare gli aspetti ambientali, vengono considerate solo a partire dal 1980 (Korotkov, 1994). Analogamente la definizione di bosco ha subito un'evoluzione parallela a quella dei contenuti delle indagini, andando sempre più ad interessare tutte le aree naturali caratterizzate dalla presenza di alberi e/o, per FRA 2000, di arbusti, indipendentemente dal loro valore produttivo.

Le informazioni sulla consistenza e lo stato delle foreste del pianeta, contenute nei FRA, provengono dai questionari compilati dai singoli stati sulla base dei dati disponibili. Gli inventari forestali nazionali sono dunque la fonte principale dei dati per i Forest Assessment. Il loro valore informativo dipende dall'affidabilità e dal grado di aggiornamento delle informazioni fornite dai singoli stati, nonché dalla capacità di questi di adattarsi alle definizioni e ai criteri di valutazione adottati per i FRA.

Su questo tema si segnala l'intensa attività preparatoria che ha preceduto il *Forest Resources Assessment* dell'anno 2000, al fine di conseguire il massimo accordo possibile riguardo alle definizioni e ai contenuti. La discussione si è concentrata essenzialmente sulla definizione di bosco e sulla necessità di ampliare il set di variabili da osservare, in maniera da rispondere ai quesiti relativi agli aspetti ambientali e ai prodotti non legnosi della foresta.

Il presente studio, nella definizione del dominio inventariale, prende in considerazione le conclusioni del *meeting* di Kotka (Kotka II – 1993) in merito alla definizione di bosco e di altre terre boscate (UN-ECE/FAO, 1997a) (v. cap. 3). L'adozione delle definizioni FAO nel prossimo inventario forestale nazionale consentirebbe infatti al nostro Paese di fornire le informazioni richieste in sede internazionale, sia ai fini dei *Forest Resources Assessment* che in risposta agli accordi su biodiversità, sostenibilità della gestione forestale e cicli globali. La valutazione del rispetto o meno degli impegni presi dagli stati in tali accordi verrà presumibilmente misurata infatti in base ai dati forniti secondo gli standard internazionali.

Il questionario predisposto per FRA 2000, in seguito agli accordi conseguiti nel *meeting* Kotka III del 1996, prevede la compilazione di 25 tabelle corrispondenti ad altrettanti temi informativi. Le tabelle sono organizzate secondo 5 sezioni: informazioni generali sulle risorse forestali, biodiversità e stato di protezione, produzione legnosa e fissazione del carbonio, stato della foresta (che include anche incendi e stato fitosanitario, temi finora non considerati nei FRA perché oggetto di indagini specifiche), funzioni socio-economiche (UN-ECE/FAO, 1997b). L'elenco completo degli attributi è riportato in tabella 2.1.

2.3 Le iniziative europee

2.3.1 Gli studi per un sistema informativo europeo sulle foreste

Nell'ambito del processo di unificazione europea, il settore forestale ha visto in questi ultimi anni l'avvio di una serie di studi e iniziative finalizzate a favorire la collaborazione tra gli stati e la creazione di una politica comune nella gestione delle risorse forestali. Tale processo ha evidenziato nuove esigenze informative relativamente agli attributi statistici e spaziali delle foreste. La realizzazione di iniziative comuni in materia di foreste e conservazione dell'ambiente richiede infatti la disponibilità di informazioni affidabili e standardizzate per tutto il territorio dell'Unione Europea, soprattutto in forma di *database* georiferiti e di cartografie. Ciò è condizione necessaria anche per attuare un coordinamento tra le politiche forestali degli Stati membri e per verificare l'applicazione delle direttive comunitarie.

Le informazioni attualmente disponibili in Europa derivano da indagini condotte dai singoli stati con tecniche, metodologie e intensità di indagine diverse, che ostacolano il confronto dei dati e non consentono di fare valutazioni riferite all'intero territorio dell'Unione.

Per risolvere questo problema, tra la fine degli anni '80 e l'inizio degli anni '90 due Regolamenti comunitari, i numeri 1614/89 e 400/92, portano all'istituzione dell'*European Forestry Information and Communication System* (EFICS), la cui attività prenderà avvio qualche anno più tardi nel 1996 con gli studi sugli inventari forestali. Allo scopo di contribuire alla creazione di un sistema informativo europeo sulle foreste, la Commissione Europea promuove inoltre a partire dal 1994 il progetto di ricerca *Forest Information from Remote Sensing* (FIRS).

2.3.1.1 Il progetto FIRS

L'obbiettivo principale dei progetto di studio *Forest Information from Remote Sensing* consiste nello sviluppo di metodologie per l'acquisizione di informazioni che prevedano, per quanto possibile, l'uso di nuove tecnologie e in particolare del telerilevamento da satellite.

Il progetto viene realizzato dalla *Environmental Mapping and Modelling Unit* (EMAP) dell'*Institute for Remote Sensing Application* (IRSA) (oggi SAI – *Space Application Institute*) con la collaborazione dell'European Forestry Institute (EFI) e di altri enti europei di ricerca. Lo studio ha coinvolto tutti gli stati dell'Unione Europea e quelli dell'EFTA (*European Free Trade Association*), interessando così l'intero continente europeo.

In origine il progetto prevedeva due fasi, una preliminare riguardante tre temi comuni denominati *Foundation Actions* (FA) e l'altra costituita da sei sottoprogetti di ricerca relativi ad altrettanti *Research Themes*. Variazioni intercorse nelle procedure di finanziamento del progetto hanno provocato una sostanziale modifica del programma originario che, conclusa la prima fase nel periodo 1994-97, è stato abbandonato. Il FIRS ha quindi assunto il ruolo di progetto di coordinamento delle iniziative del SAI in ambito forestale.

Gli studi condotti nella fase preliminare hanno riguardato i seguenti tre temi:

- *Stratification and Regionalization of European Forest Ecosystems* (FA l);
- *Designing of a System of Nomenclature for European Forest Mapping* (FA 2);
- *European Geo-referenced Forest Data Directory* (GRID) (FA 3).

La suddivisione dell'Europa in ecoregioni forestali e di queste in sottoregioni o strati – **FA 1** – era finalizzata all'individuazione di ecosistemi rappresentativi della situazione europea. Gli stessi dovevano costituire le unità di studio nell'ambito della messa a punto di metodi di

classificazione, mappatura e monitoraggio mediante impiego di telerilevamento da satellite. I risultati di questa prima Foundation Action sono riportati in IRSA, 1995.

La definizione di una nomenclatura specifica – **FA 2** –, adatta alla realizzazione di una banca di dati georiferiti sulle foreste europee, ha comportato i seguenti passaggi: individuazione delle necessità informative, identificazione degli attibuti e degli indicatori, definizione del significato e dei contenuti informativi ad essi relativi. Sono state inoltre analizzate nel dettaglio le possibilità del telerilevamento per il rilievo dei diversi attributi (Köhl e Päivinen, 1996).

Il GRID (European Geo-referenced Forest Data Directory) – **FA 3** – consiste in una banca dati delle fonti e dei documenti (cartografici e non) disponibili in Europa presso gli stati e le istituzioni preposte alla produzione degli stessi. La FA 3 intendeva dunque proseguire il lavoro iniziato con il programma UNEP-GRID (*United Nations Environment Programme – Global Resource Information Database*). La banca dati viene continuamente aggiornata con l'aggiunta delle nuove fonti e dei documenti che si rendono via via disponibili.

I temi di ricerca previsti in origine per la seconda fase dei progetto FIRS sono rimasti a definire l'attuale dominio di interesse degli studi in corso, finalizzati appunto alla sperimentazione di metodi e tecniche utili alla produzione di cartografia forestale, di statistiche forestali e al monitoraggio delle aree boscate (*forest mapping, monitoring, statistics*). Gli attributi indagati sono: la superficie dei boschi e delle altre terre boscate, la struttura e la composizione dei soprassuoli, il volume e la biomassa, la biodiversità, la presenza di bioindicatori. Tali tematiche vengono analizzate sempre ai fini del relativo rilievo e del loro monitoraggio nel tempo.

Come risulta dalla figura 2.1, che schematizza l'organizzazione dei progetto FIRS così come descritta nell'ultimo status report (Kennedy e Folving, 1997), il FIRS ha oggi il compito di fornire risorse e soluzioni metodologiche a una serie di iniziative europee, inquadrabili nel dominio di interesse dei progetto stesso, secondo quattro linee di ricerca principali: *change and biodiversity, area and composition, MERA mapping, modelling*.

Riguardo al tema "**change and biodiversity**", la struttura impegnata nel progetto FIRS partecipa a uno studio della Direzione Generale Vi della Commissione Europea denominato "*The application of remote sensing to changes in forest land*", iniziato nel gennaio 1997 e la cui durata prevista è di 18 mesi. L'obbiettivo dei progetto è la messa a punto di un metodo per il monitoraggio dei cambiamenti relativi alla copertura forestale dovuti a mutate condizioni di accrescimento, tagli, cause avverse ecc., nonchè per il rilievo della diversità strutturale dei soprassuoli. Il metodo, da mettere a punto su aree pilota rappresentative delle regioni forestali europee, dovrà prevedere l'uso di immagini da satellite e dovrà potersi adattare alle diverse scale operative.

Il rilievo degli attributi della foresta su scala europea, in particolare della **superficie forestale** e della **composizione** (seconda linea di ricerca) attraverso l'uso di dati telerilevati, è invece l'obbiettivo di uno studio finanziato dal CEO (*Centre for Earth Observation*) denominato FMERS – *Forest Monitoring in Europe with Remote Sensing*.

La prima parte del progetto, avviata alla fine del 1996 e condotta in due regioni pilota, una per la zona boreale e l'altra per l'area mediterranea, mira a definire potenzialità e limiti del telerilevamento da satellite per la definizione della superficie delle foreste e delle altre terre boscate e la relativa ripartizione in diversi tipi di vegetazione. L'obbiettivo è la produzione di cartografia e statistiche forestali per territori estesi.

La seconda parte dello studio è finalizzata alla messa a punto di metodi e modelli per la stima della biomassa dei soprassuoli e dei volumi, ove possibile attraverso immagini da satellite a diversa risoluzione. Questa sperimentazione, iniziata alla fine del 1997 nelle due regioni di studio FMERS, dovrebbe concludersi insieme alla prima parte del progetto a metà del 1998.

Sempre per quanto riguarda il rilievo a fini cartografici degli attributi "superficie" e "composizione" il SAI ha avviato nell'ottobre 1997 un proprio studio per la realizzazione entro sei mesi di una carta forestale in formato digitale per l'intera area pan-europea a partire dai dati AVHRR (Roy, 1997). Lo scopo è quello di distinguere le aree boscate dal resto del territorio e di produrre una mappa delle probabilità di appartenenza dei singoli pixel alle classi foresta e non foresta per l'intero continente europeo.

Il progetto FIRS ha contribuito fin dalle prime fasi ai sottoprogetti Forest Ecosystems Mapping e Land Degradation Mapping che fanno parte, insieme ad altri due sottoprogetti relativi alle colture agrarie, del progetto **MERA – MARS and Environmental Related Activities**, incluso nel PHARE Multi-Country Environment Programme dei 1992 finanziato dalla DG I della Commissione Europea, Servizio Operativo PHARE.

Il MERA '92, conclusosi nel 1996, ha riguardato la produzione di cartografie forestali e banche dati nazionali per gli stati interessati: Ungheria, Polonia, Romania, Bulgaria, Repubblica Ceca e Slovacchia. Il successivo programma PHARE del 1995, tuttora in corso, prevede la prosecuzione del progetto MERA (come MERA '95) e la sua estensione a cinque nuovi stati: Albania, Estonia, Lettonia, Lituania e Siovenia. L'obbiettivo di questi progetti è la produzione di carte nazionali a piccola scala (1:500.000) derivate da immagini da satellite e classificate mediante un software specifico (SILVICS), a rappresentazione delle principali regioni forestali e della loro ripartizione in strati. È prevista anche la realizzazione sperimentale di carte a scala medio-piccola (1: 100.000) per singolo aree test.

Gli aspetti esaminati per il rilievo su scala regionale da entrambi gli studi MERA '92 e '95 sono sia di carattere ecologico (tipo di vegetazione, stato di salute, biodiversità) che produttivo (specie arboree, età, ritmo di accrescimento). I tempi di realizzazione sono in fase di definizione.

Per quanto riguarda infine il tema **modelling**, il progetto FIRS è uno dei cinque partners della *Share Cost Action* (SCA) nella conduzione del progetto MARIE-F, *Monitoring and Assessment of Resources in Europe – Forest*.

Sulle sette aree sperimentali previste, lo studio vuole verificare la possibilità di estrarre, da immagini da satellite Landsat, dati sulla densità di copertura e il grado di trasparenza delle chiome e di risalire da questi, tramite modelli e algoritmi, a informazioni relative ad altri attributi dei soprassuoli quali il volume, la densità, la produttività. Tra gli obbiettivi anche la produzione di mappe relative ai parametri ricavati dall'elaborazione delle immagini e agli attributi derivati per le aree oggetto di sperimentazione. La durata prevista dello studio è di 30 mesi, a partire dal settembre 1996.

I risultati degli studi FIRS, oltre a contribuire in termini di metodologie e conoscenze al complesso di iniziative europee e internazionali riguardanti gli ecosistemi forestali, potranno fornire ai singoli stati europei utili indicazioni per la realizzazione di statistiche e banche dati georiferite nazionali. Il *Joint Research Centre* di Ispra sta mettendo a punto a questo scopo il software per la classificazione delle immagini da satellite ai fini della realizzazione dell'inventario forestale nazionale irlandese.

Di seguito vengono presi in esame alcuni dei risultati e dei documenti prodotti dal progetto FIRS, selezionati sulla base del loro Interesse in relazione al futuro IFN italiano.

Carta delle Ecoregioni Forestali d'Europa

La prima Foundation Action dello studio FIRS, "*regionalization and stratification of European forest ecosystems*", ha portato alla realizzazione di un database delle ecoregioni e degli strati forestali e della relativa rappresentazione cartografica in scala 1:12.500.000

(IRSA, 1995). La suddivisione dell'area pan-europea in ecoregioni sulla base di criteri geofisici e geobotanici e di queste in strati, in funzione dei caratteri dei soprassuoli e degli impatti delle attività umane, era finalizzata all'individuazione di aree campione per lo studio delle possibilità applicative del telerilevamento nel rilievo e monitoraggio degli ecosistemi forestali.

Gli obbiettivi originari della regionalizzazione e della stratificazione, unitamente allo scarso dettaglio descrittivo, condizionano le possibilità applicative di questa zonizzazione ai fini dell'inventario nazionale italiano, se non limitatamente a una prima grossolana stratificazione del territorio. La carta delle ecoregioni forestali europee può invece costituire un quadro di riferimento di ordine superiore, unitamente ad altre tipologie di classificazione delle ecoregioni o bioregioni europee (v. par. 2.3.2.2 – Natura 2000 – e par. 3.4.2 – attributi rilevati dagli inventari forestali).

Per la regionalizzazione è stata utilizzata come riferimento la serie russa di mappe topografiche Kartamira, mentre la restituzione dei risultati è avvenuta sulla base cartografica costituita dalla US-NOAA/AVHRR *Forest Map of Europe*. La distinzione delle ecoregioni forestali è stata realizzata sulla base dei caratteri climatici, orografici, pedologici e vegetazionali. Si sono considerate la zonizzazione ecologica di Walter e Dumbois del 1991, il lavoro di Rubner e Reinhoid dei 1953 sugli ecosistemi forestali potenziali e quello di Leeman e Cramer sugli indicatori climatici e i dati relativi a orografia, suoli e clima derivati dalla Serie Kartamira e dalla FAO-*Soil Map of Europe*.

La stratificazione è avvenuta invece grazie al contributo di esperti regionali che hanno individuato e delimitato gli strati e descritto le relative caratteristiche. Gli aspetti presi in considerazione sono quelli relativi ai soprassuoli (specie principali, densità, struttura verticale, volume arboreo medio, altezza media dei soprassuoli e condizioni vegetative) e all'impatto delle attività umane (intensità dello sfruttamento, tecniche selvicolturali, funzione, proprietà, presenza di incendi e superficie interessata). Le variabili del primo gruppo hanno avuto importanza primaria per l'individuazione dei confini degli strati mentre quelle del secondo sono servite soprattutto alla descrizione degli strati. Per entrambi i gruppi le variabili sono state descritte attraverso grandi classi e categorie molto generiche secondo le indicazioni IUFRO.

Il risultato finale è una ripartizione dell'area pan-europea in 22 ecoregioni (6 principali, 13 di transizione e 3 orobiomi) e 115 strati. L'Italia viene distinta in due sole ecoregioni, quella mediterranea e quella oro-mediterranea (orobioma mediterraneo) e in 8 strati (9 se si considera anche il n° 107 – Alpi tedesche, austriache e svizzere – che, per i caratteri degli ecosistemi forestali, sono molto simili a quelli del versante interno e delle zone a maggiore altitudine delle Alpi italiane).

Di seguito si elencano gli strati individuati sul territorio italiano:

n° 5 –> Toscana e Lazio;
n° 6 –> area compresa tra le Marche e la Puglia (escluse zone montuose);
n° 7 –> area compresa tra la Campania e la Sicilia (escluse zone montuose);
n° 9 –> Sardegna;
n° 19 –> Appennino Settentrionale;
n° 20 –> Appennino Centro-meridionale inclusa la Sicilia;
n° 22 –> Bacino del Po;
n° 104 –> Zona Prealpina;
n° 107 –> Alpi.

Terminologia, attributi e necessità informative

La seconda *Foundation Action "European forest nomenclature"* era finalizzata a fornire una terminologia, condivisa dai tecnici dei diversi paesi in termini di contenuti e priorità,

utile alle successive sperimentazioni relative all'uso del telerilevamento nel rilievo degli attributi dei soprassuoli forestali. Gli attributi più comunemente impiegati nella descrizione delle formazioni arboree e delle aree da queste occupate sono stati individuati attraverso interviste ad esperti regionali, i cui risultati hanno consentito di classificare gli attributi stessi per priorità e categoria informativa (produzione, aspetti ambientali o uso dei suolo) (Köhl e Päivinen, 1996). Dei 37 attributi presi in esame, 21 sono risultati di importanza prioritaria (v. tabella 2.2). Relativamente a questi vengono riportate le definizioni e le tecniche di rilievo applicate nei diversi paesi. Gli autori hanno messo a punto infine una nomenclatura che si propone di uniformare per quanto possibile le definizioni ai fini soprattutto del telerilevamento. Per ogni attributo vengono infatti fornite due definizioni, una di base e una applicabile al telerilevamento, evidenziando il dettaglio raggiungibile dalle diverse metodologie di rilievo possibili.

Il volume pubblicato a conclusione della seconda FA costituisce dunque un primo significativo punto di riferimento per gli inventari e le statistiche forestali europee relativamente ai quesiti "cosa misurare in bosco" e "come misurare". Il tema degli attributi della foresta e dei metodi di rilievo verrà analizzato in seguito con grande dettaglio anche dallo studio EFICS. Per alcuni attributi comunque, e in particolare per quelli relativi agli aspetti ambientali (naturalità, *scenic beauty*, impatto ambientale, conservazione delle specie in pericolo, habitat per la fauna), lo studio FIRS non individua definizioni soddisfacenti né specifiche metodologie di rilievo. Per la valutazione degli aspetti ecologici inoltre si propone l'impiego di un indicatore di sintesi, la distribuzione spaziale dei tipi di vegetazione (*spatialarrangement of patches*), descritta attraverso i tre attributi della dominanza, della connettività e della frammentazione.

Nella seconda parte lo studio FIRS analizza nel dettaglio le potenzialità delle diverse tecniche di telerilevamento nel rilievo degli attributi, escludendone l'impiego per molte variabili – per esempio lo stato di conservazione, il tipo di suolo, il diametro a 1.30, l'altezza, la qualità del legname – o evidenziandone i limiti – come nel caso della struttura dei soprassuoli, dei prelievi e della mortalità, del volume e degli incrementi – (v. anche capitoli 3 e 4 del presente studio di fattibilità).

Carta Forestale d'Europa 1:1.000.000

La realizzazione di una Carta Forestale d'Europa in scala 1:1.000.000 era uno degli obiettivi del terzo tema di ricerca – *European forest mapping* – dell'originario progetto FIRS. La carta doveva derivare dai dati NOAA-AVHRR attraverso procedure di classificazione da sperimentare su dati SPOT e Landsat TM.

Allo stato attuale esiste una prima carta sperimentale in scala 1:2.000.000 in cui vengono distinte le aree boscate da quelle non boscate. Nell'ambito della linea di ricerca "*area and composition*", si prevede di concludere per la metà del 1998 il lavoro già avviato e di produrre la carta definitiva (*digital forest/non-forest probability map*) per l'intera area pan-europea.

Conclusioni delle attività di ricerca in corso

Interessanti indicazioni circa le potenzialità delle nuove tecnologie per i rilievi a fini inventariali dei boschi potranno venire dalla pubblicazione del risultati delle numerose attività di ricerca previste nella seconda fase dei progetto (1997-99). In particolare, per quanto riguarda la produzione di cartografia forestale, si attendono le conclusioni del progetto FMERS, con aree sperimentali anche in Italia, del programma MERA e degli studi per l'inventario nazionale irlandese.

2.3.1.2 Lo studio EFICS

L'*European Forestry Information and Communication System* (EFICS) viene istituito a seguito dei Regolamenti n° 1614/89 e n° 400/92 allo scopo di fornire all'UE le informazioni e gli strumenti necessari per delineare e coordinare le politiche in campo forestale e per verificare l'applicazione delle decisioni e dei regolamenti comunitari. Si rendeva necessario infatti un sistema conoscitivo integrato europeo che rispondesse alle esigenze di standardizzazione dell'informazione e di qualità della stessa, secondo le richieste informative individuate dalle innumerevoli convenzioni e protocolli internazionali.

All'inizio dei 1996 prende avvio un progetto di studio EFICS finalizzato a tracciare un quadro delle attuali disponibilità in materia di dati forestali. Alla prima fase dello studio, coordinata dall'EFI (*European Forestry Institute*), hanno partecipato vari istituti di ricerca appartenenti ai diversi stati dell'UE, dell'EFTA (Islanda, Liechtenstein, Norvegia e Svizzera) oltre a quelli di Ungheria, Polonia, Repubblica Ceca e a rappresentanti dell'EUROSTAT. L'Italia, che ha assunto anche il ruolo di coordinamento per l'area mediterranea, era rappresentata dall'ISAFA.

L'analisi dettagliata dei sistemi e delle indagini inventariali dei singoli paesi ha valutato attributi, definizioni, metodi e procedure di rilievo, disegni campionari e modalità di elaborazione dei dati e di gestione dei risultati. I diversi sistemi inventariali nazionali sono stati descritti in specifici *Country Reports* che sono serviti al confronto delle diverse situazioni, attuato nel *Comparative Study* (AA.VV., 1997).

I risultati di questa prima fase, conclusasi alla fine del 1997, serviranno a mettere a punto proposte e azioni concrete finalizzate a uniformare la qualità delle informazioni e a costituire un sistema informativo sulle foreste europee che risponda alle necessità informative evidenziate dallo studio stesso e dai processi internazionali, prevedendo per quanto possibile l'impiego del telerilevamento. A quest'ultimo tema ha lavorato uno specifico gruppo di studio che ha preso in esame l'impatto delle nuove tecnologie sui metodi e le procedure inventariali.

Le ipotesi sottoposte al vaglio della Commissione Europea a conclusione della prima fase EFICS sono diverse e vanno dall'introduzione di una serie di attributi standard nei protocolli di rilievo dei singoli inventari nazionali alla realizzazione di un inventario europeo a sé stante sotto l'egida dell'EFICS. Analogamente, per quanto riguarda la gestione dei dati, si prospettano diversi scenari, che vanno dal coordinamento dei dati nazionali dei singoli stati alla creazione di un database europeo relativo ai soli attributi per i quali si raggiunga una definizione standard o, in alternativa, contenente la totalità dei dati (inventario europeo sostitutivo degli inventari nazionali) (Päivinen, 1997). Tale processo avrà ovviamente delle conseguenze sugli inventari forestali nazionali in termini di scelta, definizione e rilievo degli attributi, conseguenze peraltro non ancora prevedibili con sufficiente chiarezza.

L'esauriente stato dell'arte sul tema degli inventari forestali in Europa, presentato nei documenti pubblicati a conclusione della prima fase del progetto EFICS, costituisce comunque un importante punto di riferimento per le considerazioni espresse nel presente studio di fattibilità, sia per quanto riguarda le esigenze informative (v. cap. 3) che per le considerazioni sui disegni inventariali (v. cap. 5).

Terminologia, attributi e necessità informative

La fase INA (*Information Needs Assessment*) dello studio EFICS ha individuato circa 60 attributi o gruppi di attributi direttamente rilevati sul terreno o da fonti varie (cartografie, immagini) e altri 16 attributi derivati dai primi attraverso procedure di calcolo. Gli oltre 70 attributi vengono raggruppati in 9 categorie informative, più una decima "Miscellanea" che include tutti quegli attributi necessari per l'elaborazione dei dati (coordinate polari dei centro dell'area di saggio, coordinate degli alberi ecc.) (tabella 2.3).

L'indagine, oltre a proporre una panoramica delle informazioni raccolte dagli inventari forestali europei e delle effettive disponibilità di dati, inquadra gli attributi in categorie informative e mette in evidenza analogie e differenze nelle definizioni e nelle metodologie di rilievo.

Riguardo alle priorità informative è stata condotta anche un'indagine tra esperti e operatori del settore per stabilire l'ordine di priorità degli attributi. Le interviste, condotte presso rappresentanti delle istituzioni, delle imprese del settore forestale e delle organizzazioni impegnate nella tutela dell'ambiente, hanno indicato quali attributi prioritari i seguenti: superficie forestale, composizione specifica, superficie sottoposta a regimi di tutela, volume delle utilizzazioni, incremento volumetrico annuo, diversità biologica, stato di salute, volume del soprassuolo e relativa età (Päivinen, 1997). L'importanza relativa dei singoli attributi può inoltre essere dedotta dai report dei diversi paesi contando il numero di quelli che rilevano ciascun attributo (v. tabella 2.3). Interessante notare come alcuni degli attributi che vanno acquisendo sempre maggiore rilevanza, come quelli inclusi nelle categorie "Ecosistema forestale" e "Prodotti non legnosi e altri servigi", vengano rilevati solo in pochi paesi o non vengano rilevati affatto.

Il *Comparative Study* individua inoltre le attuali esigenze in relazione al problema di uniformare le definizioni a livello europeo, classificando gli attributi secondo quattro gradi di "possibilità di armonizzazione" delle definizioni (v. tabella 2.3).

2.3.2 Le iniziative per l'individuazione delle aree di interesse naturalistico

2.3.2.1 Il Programma CORINE

Il Programma CORINE – *Coordination of Information on the Environment* della Commissione Europea viene realizzato tra il 1985 e il 1990 in seguito ad una decisione del Consiglio d'Europa, la n. 85/338/CEE, che stabilisce la necessità "di raccogliere e coordinare le informazioni sullo stato dell'ambiente e delle risorse naturali della Comunità e di garantirne la coerenza".

Gli obbiettivi dei programma vengono sintetizzati nei seguenti 3 punti (Commissione della Comunità Europea, 1991 a):

- acquisire informazioni relative ad aspetti di importanza prioritaria per la conservazione dell'ambiente, utili a delineare ed attuare la politica comunitaria in campo ambientale e a favorire in particolare l'inserimento delle questioni ambientali nelle altre politiche;
- coordinare, indirizzare o incoraggiare iniziative di organizzazioni internazionali, governi nazionali o regioni, il cui scopo sia quello di ottenere informazioni sull'ambiente, in modo da assicurare la coerenza dei dati raccolti e quindi l'uso ottimale delle risorse umane e finanziarie;
- sviluppare le basi metodologiche necessarie ad ottenere dati comparabili a livello comunitario.

Il lavoro del gruppo di esperti aveva dunque un duplice compito, metodologico da una parte e operativo dall'altra, puntando sia a verificare la fattibilità di un sistema informativo europeo sull'ambiente che a raccogliere informazioni riguardanti gli aspetti di maggiore interesse per la politica ambientale comunitaria.

I temi prioritari trattati da specifici gruppi di lavoro erano i seguenti: inquinamento atmosferico, biotopi, erosione costiera, uso dei suolo, risorse idriche, suolo. I dati raccolti sono stati organizzati in un sistema informativo geografico divenuto permanente con l'istituzione dell'Agenzia Europea per l'Ambiente. Tale sistema informativo riguarda la base geografica (confini nazionali e comunitari, unità amministrative, corpi d'acqua, insediamenti, trasporti), le risorse naturali (biotopi, aree protette, vegetazione potenziale), il territorio (tipi di suolo, qualità delle risorse, rischio di erosione del suolo, erosione costiera, uso del suolo), l'aria

(quantità di immissioni), l'acqua (localizzazione delle risorse idriche, qualità), gli aspetti socio-economici (attività, trasporti, centrali nucleari, aree designate per particolari interventi comunitari).

Ai fini della realizzazione dei prossimo IFN rivestono un certo interesse due sottoprogetti CORINE, il *CORINE Land Cover Project* e il *CORINE Biotopes Project*, riguardanti rispettivamente il rilievo delle classi di copertura del suolo e il censimento delle aree di interesse naturalistico.

CORINE Land Cover Project

Si tratta di un progetto operativo finalizzato al rilievo delle classi di copertura del suolo per tutto il continente europeo. La carta, ottenuta per mezzo dell'interpretazione di immagini da satellite e dell'utilizzo di dati ausiliari, è nota come **CORINE Land Cover Map**.

Nell'ipotesi di prevedere l'utilizzo di tale cartografia come fonte ausiliaria di dati per IFNI2000, per esempio in sede di stratificazione preliminare, è necessario considerare che la scala e soprattutto l'unità minima adottate, rispettivamente 1:100.000 e 25 ha, limitano molto l'utilità della *CORINE Land Cover Map*. La qualità della carta inoltre, intesa come accuratezza nella individuazione dei limiti delle diverse classi di copertura, non è omogenea su tutto il territorio nazionale (v. anche cap. 4). Sulle possibilità di impiego della *CORINE Land Cover Map* come fonte di dati per gli inventari forestali si ricorda un'esperienza francese finalizzata alla verifica della compatibilità geometrica tra questa carta e le basi cartografiche di riferimento dell'inventario forestale, attraverso la messa a punto di algoritmi di sovrapposizione automatica (Wolsack J., 1994).

Le classi di copertura del suolo previste dalla **CORINE Land Cover Nomenclature** sono 44, organizzate secondo 3 livelli gerarchici (figura 2.2). Le foreste, definite come superfici omogenee di almeno 25 ha occupate da alberi e/o arbusti, vengono inserite nella categoria *Forests and seminatural areas* che comprende le foreste vere e proprie (*Forests*), gli arbusti e/o la vegetazione erbacea (*Scrub and/or herbaceous*) e gli spazi aperti con scarsa o nulla copertura vegetale (Open spaces with little or no vegetation).

Le superfici boscate vengono distinte poi al livello gerarchico successivo in:

– *Broadleaved Forests*, con latifoglie arboree e arbustive che coprono almeno il 75% della superficie;
– *Coniferous Forests*, con conifere arboree e arbustive che coprono almeno il 75% della superficie;
– *Mixed Forests*, se né le conifere né le latifoglie raggiungono il 75% della copertura oppure nel caso di soprassuoli complessi costituiti da un mosaico di piccoli aggregati di conifere e latifoglie in cui non sia possibile individuare soprassuoli omogenei estesi per almeno 25 ha.

Altre formazioni di interesse forestale vengono incluse in classi di copertura del suolo diverse da quelle sopra citate: la gariga, che viene classificata come *Scrub andlor herbaceous – Sclerophyllous vegetation*, le tagliate, le aree in rinnovazione, le giovani piantagioni e i boschi fortemente degradati, che vengono inclusi nella classe *Scrub and/or herbaceous – Transitional woodland-scrub*, e infine le aree percorse dal fuoco classificate come *Open spaces with little orno vegetation – Burnt areas*.

CORINE Biotopes Project

Il progetto *CORINE Biotopes* può essere considerato il primo censimento su scala europea delle aree ad elevato interesse naturalistico.

Con il termine "biotopo" deve intendersi una "porzione di territorio o di corso d'acqua

che forma una unità ecologica di significativa importanza per la conservazione della natura nella Comunità, sia essa protetta o no". La scelta dei siti doveva avvenire secondo i criteri stabiliti nella fase preliminare dei progetto (Commissione della Comunità Europea, 1991a):
– la presenza di specie animali o vegetali minacciate (secondo fonti bibliografiche, convenzioni e trattati internazionali, direttive comunitarie, liste rosse);
– la presenza di habitat particolarmente sensibili ai cambiamenti ambientali;
– la ricchezza di specie e di tipi di habitat.

Un sito viene poi considerato di importanza comunitaria se rappresenta uno dei 100 o meno siti europei o uno dei 5 o meno siti regionali fondamentali per la tutela di una specie minacciata o di un habitat particolarmente sensibile, oppure se ospita almeno l'1% della popolazione di una specie minacciata (le regioni di riferimento sono state opportunamente delimitate ai fini del progetto).

Per ciascun sito CORINE sono state riportate nel *database* le coordinate geografiche del centro, l'area approssimativa, il nome, la regione, il distretto e altre informazioni di carattere generale. Per la descrizione dei siti è stata predisposta una specifica tipologia di habitat che aveva i seguenti obbiettivi (Commissione della Comunità Europea, 1991 a):
– identificare con chiarezza tutte quelle comunità vegetali
  (i) in grado di coprire potenzialmente superfici estese in misuratale da ospitare le specie animali maggiormente esigenti in termini di spazio, e/o
  (ii) fisionomicamente significative per il paesaggio, e/o
  (iii) essenziali per la sopravvivenza di specie in pericolo, e/o
  (iv) costituenti essenziali di ecosistemi più estesi, e/o
  (v) rappresentative di particolari caratteristiche ecologiche o valori estetici;
– raggiungere un equilibrio tra l'esigenza di salvaguardare ambienti particolarmente rari e quella di conservare ambienti semi-naturali più diffusi frutto di attività agropastorali a carattere estensivo;
– creare una classificazione il più possibile flessibile e adattabile a successive esigenze, per esempio a una ripartizione di maggior dettaglio delle categorie;
– individuare unità ecologiche facilmente riconoscibili da parte dei tecnici incaricati dei rilievi;
– creare una tipologia il più possibile compatibile con le classificazioni già esistenti.

L'utilità dei risultati del progetto *CORINE Biotopes* ai fini del prossimo IFN può essere letta sia in termini di disponibilità di dati di carattere naturalistico che di proposta tipologica.

Il **CORINE Biotopes Database** contiene i dati relativi alle circa 5600 aree individuate dal progetto come significativamente importanti per la conservazione dell'ambiente naturale in Europa.

Per ciascuna di esse il modello compilato per l'inserimento delle informazioni prevedeva i seguenti campi (Commissione della Comunità Europea, 1991c):
– dati generali (codice dei sito, responsabile, regione, distretto, superficie approssimativa, altitudine, coordinate dei centro dei sito);
– descrizione dei sito (caratteristiche, qualità, vulnerabilità, proprietario);
– informazioni ecologiche (codice habitat presenti e relativa % di copertura, stato di protezione, motivo della candidatura del sito, attività umane);
– specie animali e vegetali presenti.

Il progetto prevedeva anche l'individuazione dettagliata dei limiti geografici dei biotopi e la relativa digitalizzazione, realizzata solo per circa 440 siti del Belgio e del Portogallo. Dei 1614 siti italiani non si conoscono quindi i confini precisi ma solo le coordinate del centro e la loro estensione approssimativa, riportata tramite 3 classi (fino a 1.000 ha, da 1.000 a 10.000 ha e da 10.000 a 100.000 ha) su cartografia 1:1.750.000. L'assenza di una precisa

georeferenziazione limita quindi le possibilità applicative dei dati CORINE che, almeno per l'Italia, risultano generici e non sempre attendibili (Fiorentino, 1997). La lista di siti proposta per l'Italia inoltre, pur costituendo in ordine di tempo il primo censimento organico dei valori naturalistici presenti sul territorio nazionale, è stata da più parti criticata perché lacunosa e poco aggiornata.

I problemi sopra evidenziati vengono in parte superati dal più recente censimento condotto dal Ministero dell'Ambiente nell'ambito di Natura 2000 e del Progetto Bioitaly i cui risultati fanno intravvedere maggiori possibilità applicative (v. par. 2.3.2.2 e par. 2.4.2).

La **tipologia di habitat CORINE** descrive le comunità vegetali presenti sul territorio europeo e le organizza secondo uno schema di classificazione di tipo gerarchico. Lo stesso, benchè da alcune parti criticato e attualmente in fase di revisione, mantiene comunque il suo valore di standard nomenclaturale di riferimento a livello europeo e nazionale, soprattutto in relazione al sistema di codificazione della Direttiva Habitat da essa derivato nelle linee generali.

Nell'ambito del presente studio, la tipologia proposta per l'inventario forestale italiano (v. cap. 3) indica i riferimenti alle classi e alle categorie CORINE al fine di rendere possibili interessanti confronti tra inventario e *database* ambientali europei.

Il sistema di codificazione CORINE attualmente in uso prevede fino a 7 livelli di classificazione, al più alto dei quali vengono distinte 7 classi, tra cui la classe Forests, ciascuna suddivisa in sottoclassi, 44 in totale, individuate dalle prime due cifre del codice (*generic habitat type*) (v. figura 2.3). Le prime due cifre sono poi seguite da un punto e da altre cifre, fino a un massimo di 5, che individuano livelli di classificazione successivi (*detailed habitat code*, es. 41.15 *Subalpine beech woods*).

Da notare che non esiste una corrispondenza tra le classi di uso del suolo adottate nella *CORINE Land Cover Map* e gli habitat CORINE.

2.3.2.2 Il censimento dei siti Natura 2000

Il Progetto Natura 2000 prende avvio a metà degli anni '90 in seguito all'emanazione della "Direttiva Habitat" 92/43/CEE, la quale stabiliva i principi fondamentali della conservazione delle risorse naturali nell'Unione Europea.

L'indagine, che raccoglieva l'esperienza CORINE in termini di principi e metodologie, aveva lo scopo di individuare entro il 1998 una serie di siti di importanza comunitaria (SIC) da inserire in una rete europea di aree protette denominata "Rete Natura 2000", la cui realizzazione è prevista per il 2004. Tale rete avrà lo scopo di tutelare gli habitat e le specie animali e vegetali importanti per la Comunità ed elencati negli allegati I e II della direttiva, recentemente aggiornati da un'altra direttiva, la 97/62/CEE del 27 ottobre 1997, che ha accolto parte delle proposte avanzate da alcuni paesi tra cui l'Italia. Sempre la Direttiva Habitat individua, con l'allegato III, i criteri generali per la selezione delle aree particolarmente meritevoli di tutela tra quelle che ospitano habitat e specie importanti per la Comunità, da candidare appunto per la costituzione della Rete Natura 2000. La direttiva stabilisce infine dei criteri di priorità nella conservazione indicando gli habitat e le specie prioritari, ovvero quelli per la cui conservazione l'Unione Europea "è particolarmente responsabile a causa della consistente quota della relativa area di distribuzione naturale compresa nel territorio degli Stati Membri".

Il censimento dei siti e la raccolta delle relative informazioni, tramite compilazione del "Formulario Standard Natura 2000", sono stati realizzati dai singoli Stati dell'UE incaricati dalla Commissione Europea della realizzazione del progetto.

L'allegato I della direttiva 92/43, aggiornato dalla 97/62, e i relativi documenti interpretativi, tra cui la più aggiornata versione del manuale interpretativo degli habitat, l'EUR 15 (Commissione Europea, 1996), propongono per la descrizione dei siti una **tipologia di**

habitat (v. figura 2.6) la cui nomenclatura e i cui codici, derivati dall'esperienza CORINE, sono un punto di riferimento per l'identificazione delle formazioni vegetali in Europa, grazie appunto al riconoscimento giuridico che la direttiva garantisce a questa classificazione. Questo elenco comprende 194 tipi di habitat di cui 59 forestali, 21 dei quali prioritari, ciascuno individuato da un codice a 4 cifre e dal o dai corrispondente/i codice/i CORINE (ad un habitat Natura 2000 corrispondono spesso più habitat CORINE).

Confronti tra dati naturalistici raccolti nell'ambito di Natura 2000 e informazioni dell'inventario forestale saranno possibili solo se la tipologia adottata dal futuro IFN sarà compatibile con la classificazione prevista per le formazioni forestali dalla Direttiva Habitat. Il *database* europeo e soprattutto il database nazionale creato con il Progetto Bioitaly, momento di attuazione per l'Italia di quanto previsto dalla Direttiva Habitat e da Natura 2000, costituiscono infatti una consistente banca dati sui valori naturalistici dei nostro territorio, possibile fonte di informazioni ausiliarie per molte aree di interesse forestale (par. 2.4.2).

Ai fini delle possibili interazioni tra inventario forestale nazionale e database Natura 2000/ Bioitaly si ricorda infine la ripartizione dell'Europa nelle 6 regioni biogeografiche alpina, atlantica, boreale, continentale, macaronesica, mediterranea, 3 delle quali presenti in Italia, l'alpina, la continentale e la mediterranea (figura 2.4).

2.3.3 Le statistiche europee sulle foreste

Le statistiche forestali pubblicate dall'istituto Europeo di Statistica (EUROSTAT), Sezione F1 "*Structural survey and forestry statistics*", riportano i dati forniti all'istituto stesso dai singoli paesi attraverso la compilazione dei questionari annuali e periodici di statistica forestale – **annual/periodical forestry statistics questionnaires**. La struttura di questi ultimi ricalca quella dei questionari FAO, così come la definizione di foresta adottata corrisponde a quella dei *forest assessment*.

Relativamente alle foreste, l'EUROSTAT non produce quindi proprie statistiche ma si limita all'aggregazione dei dati nazionali inviati dagli stati dell'UE che, facoltativamente, procedono alla compilazione dei questionari. La comparazione dei dati risulta pertanto molto difficile a causa delle diverse definizioni adottate e dei differenti metodi di raccolta dei dati, aspetti che dipendono esclusivamente dalle scelte dei singoli stati. I dati inoltre si riferiscono spesso a periodi diversi ed epoche diverse.

Le informazioni richieste del *forestry statistics questionnaires* riguardano essenzialmente gli aspetti produttivi della foresta, almeno così è avvenuto fino ad oggi. Le definizioni adottate nella classificazione delle superfici, che avviene secondo lo schema di figura 2.5, sono le seguenti (Schönig, 1994):

- *Actual forest area* – superficie complessivamente occupata da *stocked forest land e unstocked forest land*;
- *Other wooded land* – formazioni forestali che non raggiungono il 20% (più recentemente 10%, adeguamento a FRA 2000) di densità e/o 0.5 ha, per es. arbusteti, piantagioni di alberi di Natale, margini boscati, filari;
- *Calculated area* – stima area teoricamente occupata da alberi fuori foresta (filari, alberi isolati e a piccoli gruppi);
- *Stocked forest land* – area occupata da associazioni vegetali dominate da alberi o arbusti in grado di produrre legname o altri prodotti forestali e aventi superficie minima di 0.5 ha e densità minima del 20% (10%); comprende anche aree temporaneamente prive di vegetazione (tagliate, giovani piantagioni, aree in rinnovazione, aree incendiate ecc.);
- *Unstocked forest land* – aree non produttive ma funzionali alla produzione forestale come aree forestali, piazzali, vivai.

Statistiche relative alle superfici forestali derivano, oltre che dai *forestry statistics questionnaires*, anche dall'**Eurofarm Table Program** (censimento delle aziende agrarie) e dalle **statistiche sull'uso dei suoli**, iniziative alle quali i singoli stati sono tenuti obbligatoriamente a contribuire. Le informazioni richieste dai censimenti dell'agricoltura riguardano le superfici di boschi, piantagioni, vivai, filari, frangivento, e delle aree a *set-aside* interessate dai rimboschimenti. Analogamente le informazioni relative all'uso dei suoli richieste agli stati con cadenza annuale riguardano l'estensione delle superfici forestali (*wooded area*).

Recentemente è stato avviato un progetto pilota, a cui partecipano i vari istituti di statistica nazionali tra cui l'ISTAT (v. par. 2.4.3), finalizzato alla preparazione di un documento tematico di base per il censimento dell'agricoltura dei 1999. Si tratta dei TAPAS – *Technical Action Plans for Agricultural Statistics* –, un piano per la revisione delle metodologie statistiche nel campo dell'agricoltura e delle foreste. Tra i risultati attesi di questo piano una cartografia dell'uso dei suoli in scala 1:25.000.

Le iniziative di cui sopra sono attualmente ancora nella fase embrionale di definizione dei singoli progetti esecutivi e non è possibile quindi prevederne nel dettaglio i risultati e le conseguenze ai fini del presente studio. Il processo in atto di revisione dei criteri di produzione delle statistiche europee in campo agricolo e forestale e le relative iniziative nazionali vanno comunque seguiti con attenzione nel prossimo futuro. Il comune obbiettivo di EUROSTAT/ ISTAT e IFN della produzione di statistiche forestali, anche se con dettaglio e finalità diversi, rende infatti indispensabile la ricerca di metodi e definizioni comuni o almeno compatibili al fine di consentire il confronto e lo scambio dei dati.

2.4 Le iniziative nazionali

2.4.1 Le informazioni relative ai boschi italiani

Le attività di rilievo e monitoraggio dei boschi a livello nazionale si sono occupate nell'ultimo decennio principalmente del deperimento boschivo. Il fenomeno si è imposto all'attenzione internazionale nel corso degli anni '80 a causa del verificarsi di episodi di moria e deperimento estesi e inspiegabili.

I primi accordi internazionali in proposito risalgono alla Convenzione di Ginevra sull'inquinamento transfrontaliero a lunga distanza – *Convention on Long Range Transboundary Air Pollution* – recepita dall'italia con la L. 289 del 27/04/82. Molti paesi avviarono progetti di monitoraggio del fenomeno e, a metà degli anni '80, venne istituito un programma internazionale per la valutazione e il controllo degli effetti dell'inquinamento sulle foreste (ICP-foreste, *International Cooperative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests*) cui aderirono 34 paesi dell'area UN/ECE secondo un protocollo comune di osservazione e quantificazione del danno.

La Comunità Europea avviò, con il Regolamento 3528/86, un'azione comune per la protezione delle foreste dall'inquinamento che contemplava anche l'istituzione di un inventario periodico dello stato dei boschi basato su aree di osservazione permanenti disposte sistematicamente secondo un reticolo a maglie di 16 km di lato. La metodologia per il rilievo e la quantificazione del danno venne stabilita dal Regolamento 1696/87 successivamente modificato e integrato da vari provvedimenti che, oltre alla tradizionale osservazione dello stato della vegetazione arborea, hanno introdotto indagini aggiuntive sui suoli (Reg. 926/ 93) e sul contenuto chimico delle foglie (Reg. 836/94).

La rete europea di aree permanenti conta circa 2500 aree negli stati dell'UE, 2000 delle quali interessate dai rilievi aggiuntivi di cui sopra, e circa 5400 aree per l'intera area pan-europea (Commissione Europea, 1997). Le osservazioni vengono eseguite annualmente secondo metodologie che garantiscono la valutazione transnazionale dei risultati.

Più recentemente un nuovo regolamento, il n° 1091/94 ha introdotto il principio della sorveglianza intensiva. Per circa 770 siti di 29 paesi europei, di cui 440 negli stati della UE,

alle indagini effettuate in precedenza si sono aggiunte osservazioni sulle deposizioni di inquinanti e sui parametri climatici. Sono stati raggiunti inoltre accordi tra gli stati europei riguardo a indagini supplementari sulla vegetazione arborea ed erbacea, sulla soluzione circolante e per l'applicazione del telerilevamento. È allo studio anche la valutazione di altri aspetti relativi al funzionamento degli ecosistemi (contenuto minerale della biomassa, biologia dei suoli ecc.) e all'impiego di bioindicatori.

In Italia il Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste ha avviato nel 1984 un programma di monitoraggio dello stato dei boschi, l'**Indagine sul Deperimento Forestale (INDEFO)**. Il programma di rilievi annuali ha riguardato oltre 9000 aree coincidenti con i punti di IFN '85, disposte sistematicamente secondo un reticolo a maglie di 9 x 9 km che ricalca, con passo maggiore, quello dell'inventario nazionale (3 x 3 km). Di queste, 217 fanno parte anche della rete di monitoraggio europea.

Per un decennio il personale del Corpo Forestale dello Stato ha eseguito rilievi su aree di saggio costituite da un massimo di 30 alberi, allo scopo di valutare lo stato fitosanitario dei boschi italiani. I risultati delle osservazioni sono stati registrati nel Sistema Informativo Agricolo Nazionale (SIAN). Gli attributi osservati secondo i criteri stabiliti in ambito internazionale sono i seguenti:

– defogliazione – intensità (4 classi);
– decolorazione – intensità (4 classi);
– cause dei danni (8 classi);
– numero di alberi danneggiati;
– percentuale di alberi danneggiati;
– ripartizione dei danni per specie.

I rilievi sulla rete di monitoraggio INDEFO sono proseguiti fino al 1995, anno in cui l'indagine sul deperimento è stata sostituita dal **Programma Nazionale di Controllo degli Ecosistemi Forestali (CON.ECO.FOR),** che attua quanto previsto dal Regolamento UE sulla sorveglianza intensiva. Si tratta non più di una rete sistematica finalizzata a monitorare lo stato dei boschi su scala nazionale bensì di una serie di aree permanenti di studio e osservazione degli effetti dell'inquinamento sulla funzionalità degli ecosistemi forestali (Commissione Europea, 1997).

Le 20 aree, 14 delle quali appartenenti alla rete di monitoraggio dei danni europea, sono state selezionate allo scopo di rappresentare le cenosi arboree più diffuse sul nostro territorio: 7 aree in boschi di faggio, 5 in boschi di cerro, 4 in boschi di abete rosso, 2 aree in boschi di leccio, 1 area rispettivamente in querceti a rovere e a farnia. È previsto il futuro ampliamento della rete per includere anche le formazioni a carattere spiccatamente steno-mediterraneo.

Il programma ha l'obbiettivo anche di unificare e integrare gli sforzi delle singole amministrazioni regionali impegnate nel l'osservazione dei fenomeni di deperimento. Allo scopo è stato creato il Gruppo Interregionale sul Deperimento della Foresta in Italia (Ferretti et al., 1994).

I rilievi e le indagini scientifiche previste per le aree CON.ECO.FOR., coordinati e realizzati da vari istituti di ricerca italiani, riguardano i seguenti aspetti (MiRAAF, 1995):

1. caratterizzazione geologica e geomorfologica;
2. caratterizzazione fitosociologica ed ecologica;
3. inventario dello stato sanitario degli alberi (chiome);
4. inventario dello stato del suolo;
5. analisi del contenuto chimico delle foglie;
6. analisi delle deposizioni umide;
7. analisi degli incrementi volumetrici;
8. misurazioni meteorologiche;
9. entomofauna;
10. licheni come bioindicatori;

11. briofite come bioindicatori;
12. fenologia vegetale;
13. comunità fungine;
14. scambi gassosi di biossido di carbonio e vapore acqueo;
15. biodiversità e complessità ecologica;
16. dendrocronologia e xilofenologia;
17. dinamismo della vegetazione.

Nel primo anno di attività sono state avviate le indagini relative ai punti 2, 3, 4 e 5 mentre nel 1996 era prevista l'attivazione dei punti 6, 7, 8 e 17. Il progetto costituisce dunque un momento di approfondimento e completamento di indagini già in precedenza avviate e finanziate dalla UE.

Pur configurandosi come studio specifico del fenomeno del deperimento forestale e delle sue cause, il progetto potrebbe portare a risultati di interesse inventariale più generale, per esempio all'individuazione di metodi speditivi di valutazione dello stato dell'ecosistema (bioindicatori o altro).

Sempre nell'ambito delle iniziative nazionali volte all'acquisizione di informazioni sulle foreste, il MiRAAF ha finanziato uno **studio pilota** per la realizzazione della Carta Forestale d'Italia in scala 1:50.000 e di un Sistema Informativo Geografico Forestale. Il progetto realizzato tra il 1994 e il 1997 da un gruppo di società (Aquater, Finsiel, Fisia, Italeco, Nomisma) ha coinvolto l'intero territorio della Regione Liguria.

L'interpretazione di foto aeree da alta quota in bianco e nero, preceduta da una raccolta preliminare di dati, è servita per una prima individuazione degli usi dei suolo. La fotointerpretazione è stata seguita da una campagna di rilievi a terra che ha riguardato 3064 aree di saggio disposte sistematicamente secondo un reticolo chilometrico (fase denominata "Inventario Forestale Multirisorse"). Oltre che nelle aree boscate i rilievi sono stati eseguiti anche in tutte le aree, naturali e seminaturali riconducibili al bosco in termini di evoluzione futura o di passata destinazione (praterie, coltivi abbandonati, aree miste agricolo-forestali, arbusteti). Il dominio inventariale è stato quindi esteso anche ad aree non strettamente forestali in modo da osservare l'interazione del bosco con i sistemi circostanti.

I rilievi a terra sono serviti anche a guidare l'interpretazione delle immagini da satellite e delle foto aeree IRFC per la produzione della "Carta della Copertura Forestale e della Vegetazione Reale". L'uso integrato di immagini da satellite e foto infrarosso falso colore ha consentito di individuare 371 classi distinte per fisionomia e/o struttura e/o densità.

La carta è stata integrata da documenti tematici derivati da indagini settoriali (rilievi specifici) riguardanti i seguenti temi: stato fitosanitario, rischio di incendio, tendenze evolutive della vegetazione, habitat e fauna selvatica, protezione idrogeologica, rapporti degli ecosistemi con l'atmosfera, aspetti economici dei servizi prodotti dal bosco.

A conclusione dei rilievi e delle relative elaborazioni è stato prodotto un documento di sintesi propositiva, la "Carta degli Obbiettivi ed Interventi Selvicolturali" che, a partire dalle informazioni acquisite, avanza una serie di proposte per la gestione delle aree indagate. In particolare il territorio viene suddiviso in zone differenziate per obbiettivi e interventi selvicolturali proposti. Tra gli obbiettivi l'incremento degli usi multipli del bosco, la protezione dall'erosione, l'incremento della produzione legnosa, l'aumento della biodiversità, l'evoluzione naturale, il recupero produttivo e paesaggistico. Gli interventi selvicolturali vengono distinti in: cure colturali, conversione all'altofusto, opere di bioingegneria, miglioramento della viabilità, introduzione di specie miglioratrici, cure specifiche per gli oliveti, assenza di interventi (MiRAAF, 1997).

Le metodologie impiegate in questo progetto e i risultati prodotti vengono analizzati dal presente studio nei capitoli relativi al telerilevamento e agli attributi (cap. 4 e cap. 3).

Per quanto riguarda le **Regioni**, si ricorda che molte di esse, successivamente alla realizzazione dell'Inventario Forestale Nazionale, si sono dotate di un proprio inventario forestale regionale. I singoli progetti non sono stati coordinati a livello nazionale e quindi il disegno inventariale, le procedure e le tecniche utilizzate sono diverse da caso a caso.

Hanno realizzato propri inventari forestali le regioni Lombardia (inventario dei filari di piante da legno della pianura lombarda, 1982; Inventario dei cedui della Lombardia, 1983, inventari forestali delle province di Varese, 1985, e di Bergamo, 1987), Veneto (1984/86), Friuli-Venezia Giulia (1984/87), Emilia Romagna (1989/90), Umbria (1990/93), Lazio (Comunità Montana dell'Alta Tuscia e Monti Simbruini, 1987; Provincia di Frosinone, 1994), Valle d'Aosta (1992/94), Liguria (1993/95), Toscana (1994/96) (Marchetti, 1994; Tosi e Marchetti, 1997; Corona e Ambrosini, 1995). Sono inoltre allo studio o in fase di realizzazione gli inventari forestali del Piemonte, delle Marche, della Sardegna e della Sicilia (per il solo demanio forestale, iniziato ma sospeso).

Altri studi a valenza regionale finalizzati alla conoscenza e alla classificazione delle cenosi forestali per scopi gestionali e assestamentali sono quelli relativi alle tipologie forestali realizzati in Veneto (Del Favero *et al.*, 1990; Del Favero *et al.*, 1991), Piemonte (Regione Piemonte, 1996), Friuli-Venezia Giulia (Del Favero e Poldini, 1998) e Toscana (in preparazione).

A conclusione dei presente paragrafo si ricorda il recentissimo avvio dell'iniziativa dei MiRAAF nota come **Sistema Informativo della Montagna** (SIM) in attuazione di quanto previsto in materia di collegamenti telematici dalla legge L. 31 gennaio 1994 n° 97. Si tratta di un sistema informativo a supporto delle attività di Regioni, Province, Comuni, Comunità Montane, Consorzi Forestali e altri enti di gestione locali operanti in zone montane.

La base di dati messa a disposizione degli utenti in queste prime fasi è costituita dalle ortofoto digitali arricchite dai confini catastali. La stessa costituirà l'ossatura di un sistema informativo che verrà via via integrato con i dati derivanti da analisi territoriali e indagini specifiche e che verrà messo a disposizione degli utenti a partire dal 1999.

In questo contesto, il futuro IFN può essere un'utile fonte di dati, in particolare se si attuerà un coordinamento tra le attività previste per la realizzazione del SIM e la progettazione dell'inventario stesso.

2.4.2 Il progetto Bioitaly e altre iniziative dei Ministero dell'Ambiente

Il Progetto Bioitaly viene realizzato in Italia nel triennio 1995-97 in attuazione di quanto previsto dalla Direttiva Habitat e dal Progetto Natura 2000. Si trattava di censire i Siti di Importanza Comunitaria (SIC) e di raccogliere i relativi dati, necessari alla Commissione Europea per l'esame delle candidature alla costituzione della rete europea di aree protette Rete Natura 2000 (par. 2.3.2).

Al progetto, coordinato dal Ministero dell'Ambiente e dall'ENEA, hanno partecipato le principali società scientifiche italiane (Società Botanica Italiana, Unione Zoologica Italiana e Società Italiana di Ecologia) e tutte le Regioni e le Province autonome d'Italia, le quali hanno fornito i dati direttamente o attraverso la collaborazione con università, musei e collaboratori esperti dei diversi settori.

Il Progetto Bioitaly prevedeva, oltre all'adempimento degli obblighi comunitari, anche l'inviduazione di altre due categorie di siti di rango inferiore, i Siti di Importanza Nazionale (SIN) e i Siti di Importanza Regionale (SIR). In totale i siti censiti sono circa 2500.

Il *database* Bioitaly è stato progettato in maniera tale da consentire in futuro l'integrazione di tale banca dati con informazioni non richieste dalla UE ma importanti ai fini di una migliore conoscenza dei valori naturalistici nazionali.

Lo stesso *database* contiene già allo stato attuale molte informazioni che sono riferibili al dominio di un inventario forestale nazionale. Molti dei siti selezionati si trovano infatti in aree boscate e sono caratterizzati da habitat di tipo forestale.

Al fine di impiegare utilmente i dati Bioitaly quali informazioni ausiliarie per il futuro IFN, sarebbe opportuno segnalare il caso in cui un punto di campionamento dell'inventario ricada in uno dei siti Bioitaly. A tal fine si ricorda che per ciascuno di essi sono note le coordinate del centro ed esiste una deiimitazione di massima riportata su cartografia IGM o su cartografia tecnica regionale. In molti casi i confini dei siti sono stati anche digitalizzati.

A differenza di altre banche dati non correttamente georiferite, per esempio il database CORINE, le possibilità di incrocio dei dati sono quindi reali essendo nota l'esatta localizzazione dei siti. Occorre precisare però che per le operazioni di delimitazione e digitalizzazione dei confini non sono state adottate procedure omogenee su tutto il territorio nazionale.

Le basi cartografiche utilizzate per la prima delimitazione dei siti sono infatti molto difformi in quanto a scala di rappresentazione (da 1: 10.000 a 1: 100.000), qualità e supporto (cartaceo o digitale). Alcune Regioni inoltre non hanno presentato tutte le cartografie o addirittura non hanno presentato l'elenco dei siti, come accaduto per l'Alto Adige e per la Regione Sicilia, mentre altre regioni hanno persino cartografato gli habitat all'interno dei siti.

Le cartografie sono comunque in tutti i casi frutto di delimitazioni realizzate a mano su carte topografiche, non essendo previsti nel Progetto Bioitaly rilievi specifici.

Per la scelta dei siti, la codificazione delle informazioni e la valutazione della qualità ambientale si sono seguiti i criteri stabiliti dalla Direttiva Habitat (Consiglio delle Comunità Europee, 1992) e dai successivi documenti interpretativi (Commissione Europea, 1994 e 1996).

La direttiva stabiliva di individuare come Siti di Importanza Comunitaria tutte quelle aree che soddisfacessero una delle seguenti condizioni (allegato III della direttiva):

– ospitare habitat o specie prioritarie secondo gli allegati I e II della direttiva;
– ospitare habitat o specie non prioritarie ma comunque incluse negli allegati I e II della direttiva, purchè il sito sia di notevole importanza per la nazione oppure sia in posizione strategica per le rotte migratorie o ancora sia notevolmente esteso; il sito è ritenuto di importanza comunitaria anche se ospita un numero elevato di specie o habitat tra quelli elencati dalla direttiva o infine se è di elevato valore ecologico globale.

La qualità di ciascun sito, attributo che servirà ad orientare le scelte della Commissione Europea nella costituzione della Rete Natura 2000, viene stabilita ancora secondo i criteri dall'allegato III della direttiva:

– per gli habitat rappresentatività sul sito, superficie, grado di conservazione;
– per le specie dimensione e densità della popolazione, grado di conservazione dell'habitat, grado di isolamento della popolazione, valore del sito per la conservazione della specie.

In aggiunta ai criteri sopra specificati il Comitato Scientifico del Progetto Bioitaly ha consigliato alle regioni/province autonome di includere nell'elenco complessivo dei siti proposti per l'Italia (siti comunitari, nazionali e regionali) le seguenti categorie di aree:

– aree protette,
– Biotopi CORINE,
– aree segnalate dalla Società Botanica Italiana,
– aree in cui sono presenti habitat o specie proposti per l'integrazione della direttiva.

Quest'ultimo criterio si è reso necessario in quanto, a giudizio della commissione, gli allegati della Direttiva 92/43 risultavano carenti soprattutto nei riguardi dell'ambiente mediterraneo.

Il Progetto Bioitaly è stato quindi anche l'occasione per avanzare alla Commissione Europea proposte per l'integrazione delle liste degli habitat e delle specie della direttiva. L'esame delle liste integrative presentate dai vari stati ha portato alla revisione degli allegati e all'approvazione della Direttiva 97/62/CE che sostituisce la precedente appunto nella parte relativa alle liste degli habitat e delle specie tutelati.

La chiave principale per l'inviduazione e la successiva descrizione dei siti è quindi la presenza di uno o più habitat tra quelli elencati nella versione più aggiornata della direttiva e descritti nel manuale di interpretazione (Commissione Europea, 1996). La figura 2.6 rappresenta lo schema di classificazione degli habitat adottato dall'allegato I della Direttiva 92/43/CEE, aggiornato dalla 97/62/ CE, ed evidenzia gli habitat forestali segnalati nei siti Bioitaly (numero riportato tra parentesi). In totale, 36 dei 59 habitat inclusi nella categoria "Foreste" sono presenti in Italia, 9 di questi sono prioritari. Altri habitat della tipologia Natura 2000 rientrano inoltre nel dominio del futuro IFN. Si tratta principalmente di habitat inseriti nelle categorie "Lande e arbusteti temperati" e "Macchie e boscaglie di sclerofille".

La descrizione del sito avveniva inoltre attraverso la stima della percentuale di superficie occupata dalle diverse forme di copertura del suolo classificate secondo una tipologia semplificata che prevede 23 tipi:

– mare, bracci di mare;
– fiumi ed estuari, melme e banchi di sabbia, lagune;
– stagni salmastri, prati salini, steppe saline;
– dune litoranee, spiagge sabbiose, machair;
– spiagge ghiaiose, scogliere marine, isolotti;
– corpi d'acqua interni;
– torbiere, stagni, paludi;
– brughiere, boscaglie, macchia, gariga, friganee;
– praterie aride, steppe;
– praterie umide, praterie di mesofite;
– praterie alpine e subalpine;
– colture cerealicole estensive;
– risaie;
– praterie migliorate;
– altri terreni agricoli;
– foreste di caducifoglie;
– foreste di conifere;
– foreste di sempreverdi;
– foreste miste;
– impianti forestali a monocoltura;
– arboreti (inclusi frutteti, vivai, vigneti);
– habitat rocciosi, detriti di falda, aree sabbiose, nevi e ghiacciai perenni;
– altri (centri abitati, strade, discariche, miniere, aree industriali).

La tabella 2.4 sintetizza i contenuti dei *database* Bioitaly, strutturato nei criteri generali secondo quanto previsto dal Formulario Standard Natura 2000 (Commissione Europea, 1994).

I dati effettivamente disponibili non sono però gli stessi per tutte le categorie di siti e in tutte le regioni d'Italia. Le informazioni richieste dalla Commissione Europea per i siti di importanza comunitaria sono state fornite dalle regioni, qualora disponibili, nella maggior parte dei casi. I dati relativi ai SIN e SIR, le cui schede sono state compilate in maniera più frettolosa, e le informazioni integrative previste specificatamente per l'Italia dal progetto Bioitaly non sono invece disponibili per tutto il territorio nazionale. Le lacune informative riguardano in particolare la localizzazione all'interno dei siti dei singoli tipi di habitat, la qualità dei sito e degli habitat, l'entità delle popolazioni delle specie vegetali e animali, la presenza di altre specie importanti non incluse negli allegati.

Il Progetto Bioitaly prevedeva nella sua terza fase anche la redazione di una **Carta Ecologica d'Italia** in scala 1:250.000. Nel progetto ora prevista l'acquisizione della versione definitiva della CORINE *Land Cover* previa una trasformazione di scala che garantisse la leggibilità della carta fino al 30 livello della tipologia di uso del suolo (v. par. 2.3.2). Sulla base cartografica così ottenuta dovevano essere riportati i limiti di tutte le aree protette, le

emergenze naturalistiche nonchè i siti di importanza comunitaria, nazionale e regionale individuati con il Progetto Bioitaly. A questa prima fase doveva seguire una valutazione qualitativa delle tipologie d'uso sulla base di una serie di classi e indici di qualità ambientale che, nella versione aggiornata al gennaio 1998, prevedeva di inserire i boschi naturali e semi-naturali nel 2° livello di qualità (livello B) degli 8 previsti. L'interesse di questa carta ai fini dei futuro IFN è quindi molto limitato causa la scala prevista e lo scarso dettaglio della tipologia proposta.

Concluso almeno nelle sue parti essenziali il Progetto Bioitaly, il Ministero dell'Ambiente ha avviato recentemente una serie di progetti per il completamento delle conoscenze relative alle risorse naturali su scala nazionale. Tali attività intendono soddisfare le esigenze informative definite nel loro complesso come "Carta della Natura" dalla Legge quadro sulle aree protette n. 394 del 13 dicembre 1991 ed attuare quanto previsto dal Disegno di Legge approvato dalla Camera il 31/7/97 sulla predisposizione dell'**Inventario Nazionale delle Risorse Naturali**. I vari progetti esecutivi, alcuni dei quali riguardano nello specifico le aree boscate, si trovano attualmente in fase iniziale o sono addirittura ancora allo studio. Non è possibile pertanto purtoppo un loro attento esame ai fini del presente lavoro.

2.4.3 Le statistiche forestali nazionali

La pubblicazione di statistiche forestali annuali da parte dell'istituto Nazionale di Statistica (ISTAT) d'intesa con il Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste prese avvio nel 1933. I dati si riferivano essenzialmente alla superficie boscata di cui si registravano le variazioni rispetto alla superficie di riferimento costituita dal catasto forestale, dove esistente, o dal catasto agrario.

Successivamente, nel 1947, venne promossa sotto l'egida della FAO una iniziativa di rilevazione della superficie forestale e della provvigione legnosa per tipo di bosco. Originariamente erano 29 i tipi, in seguito ridotti ai 21 delle statistiche forestali attuali:

- fustaie di resinose pure
  - di abete bianco
  - di abete rosso
  - di larice
  - di pini
  - di altre resinose
- fustaie di resinose miste
- fustaie di latifoglie pure
  - di sughera
  - di rovere
  - di cerro
  - di altre querce
  - di castagno da frutto
  - di castagno non da frutto
  - di faggio
  - pioppeti
  - di altre latifogiie
- fustaie di latifoglie miste
- fustaie di latifoglie e resinose consociate
- cedui semplici
- cedui composti
  - puri
  - misti con resinose
- macchia mediterranea

Oltre alle variazioni di superficie per rimboschimenti e disboscamenti vengono riportate annualmente le utilizzazioni e i prezzi di macchiatico del legname da lavoro e da ardere all'imposto, oltre ai dati relativi agli incendi boschivi, ai prodotti non legnosi e ai vivai forestali.

I censimenti nazionali dell'agricoltura, condotti sempre dall'ISTAT, non prendono invece in considerazione, come avviene in ambito UE, le aziende esclusivamente forestali, ma solo quelle agro-forestali. Per queste comunque viene adottata una definizione di bosco diversa da quella utilizzata per le statistiche forestali. L'adozione di un'unica definizione di bosco per i censimenti agrari e per le statistiche forestali analoga a quella utilizzata per l'inventario forestale favorirebbe lo scambio e l'integrazione dei dati.

Le differenze nelle definizioni e il fatto che le statistiche forestali nazionali si basino solo sulla registrazione delle variazioni relative alla superficie forestale, raccolte attraverso questionari, senza prevedere rilievi di tipo inventariale, giustificano la notevole discordanza dei dati ISTAT/IFN '85.

Al fine di aggiornare i dati relativi alle superfici forestali, è stato avviato recentemente dall'ISTAT uno studio pilota finalizzato ad individuare una metodologia idonea per la revisione del catasto forestale italiano. Si prevede un campionamento per la stima delle superfici dei diversi tipi di soprassuolo distinti per forma di coltura, struttura, densità e per il rilievo speditivo di alcune variabili quali il numero di piante, l'età, lo stato fitosanitario.

L'esistenza di obbiettivi comuni ISTAT/IFN, pur con esigenze diverse in termini di dettaglio e approfondimento dell'indagine, motiverebbe un coordinamento maggiore che in passato, almeno in termini di definizioni e criteri di valutazione dei diversi attributi, soprattutto in prospettiva del progetto pilota di cui sopra, al fine di evitare la discordanza e la non confrontabilità dei dati statistici e inventariali.

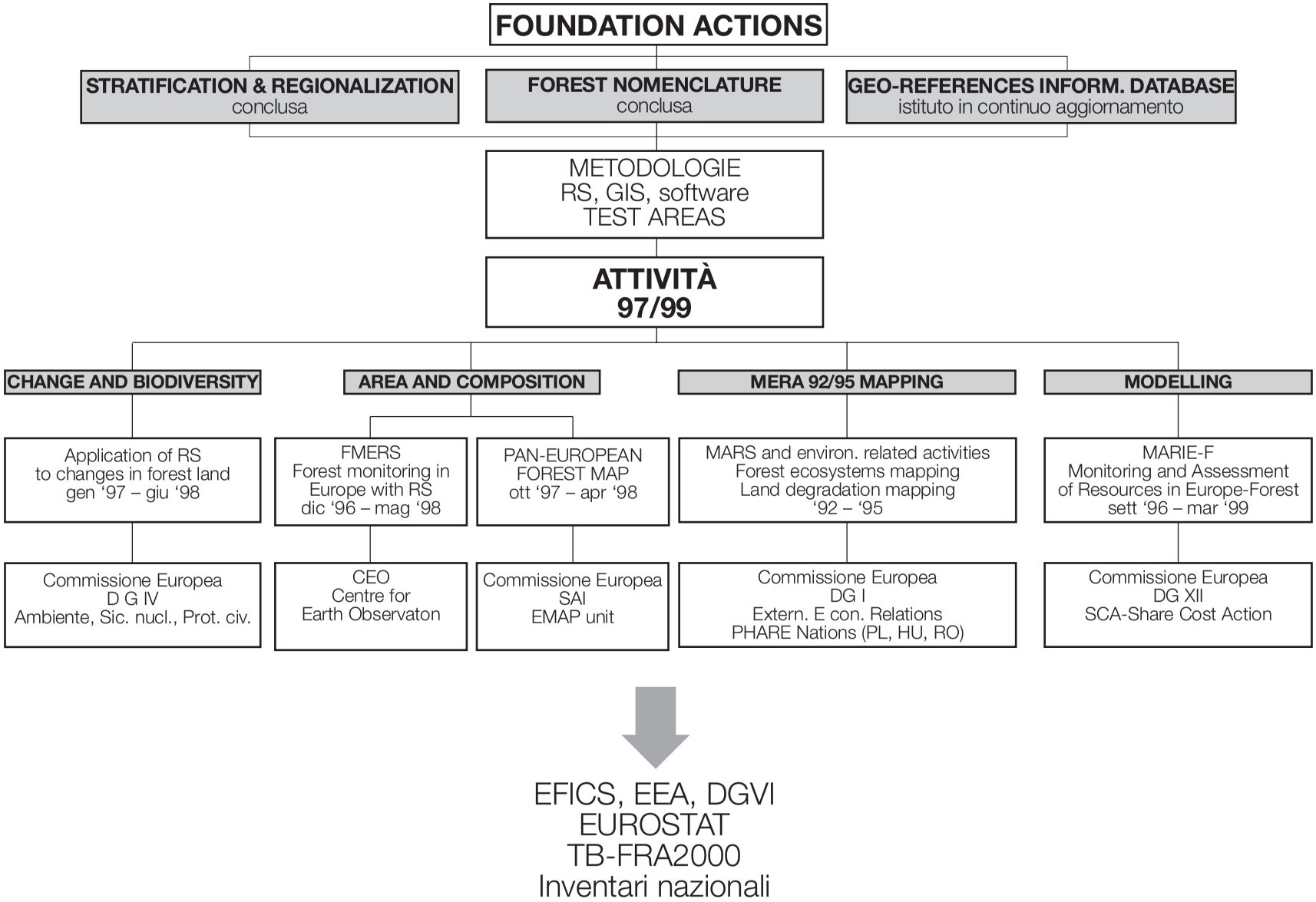


Figura 2.1 – Organigramma del progetto FIRS.

Figura 2.2 – Classi di copertura del suolo secondo CORINE (Commissione Europea, 1993).

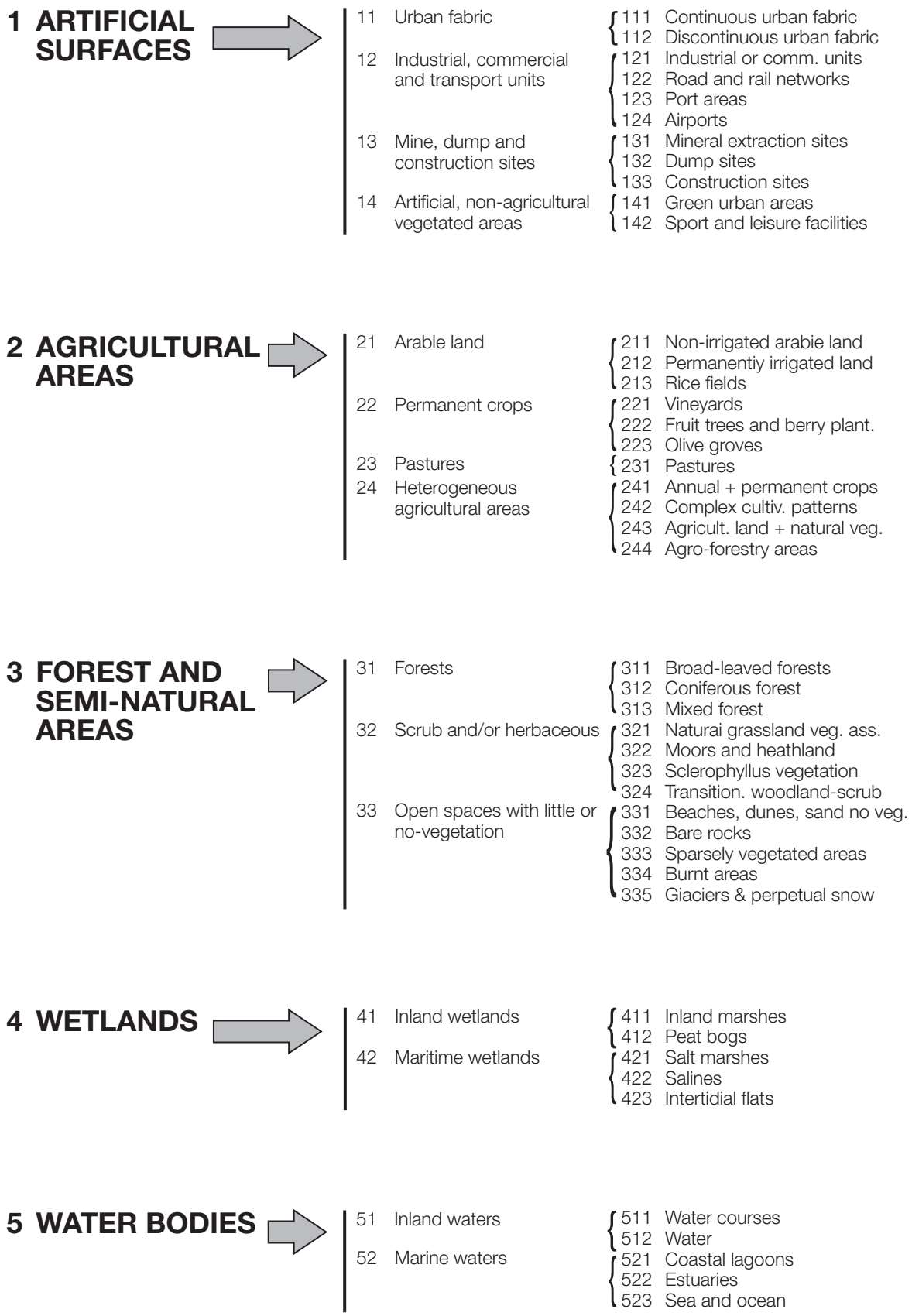
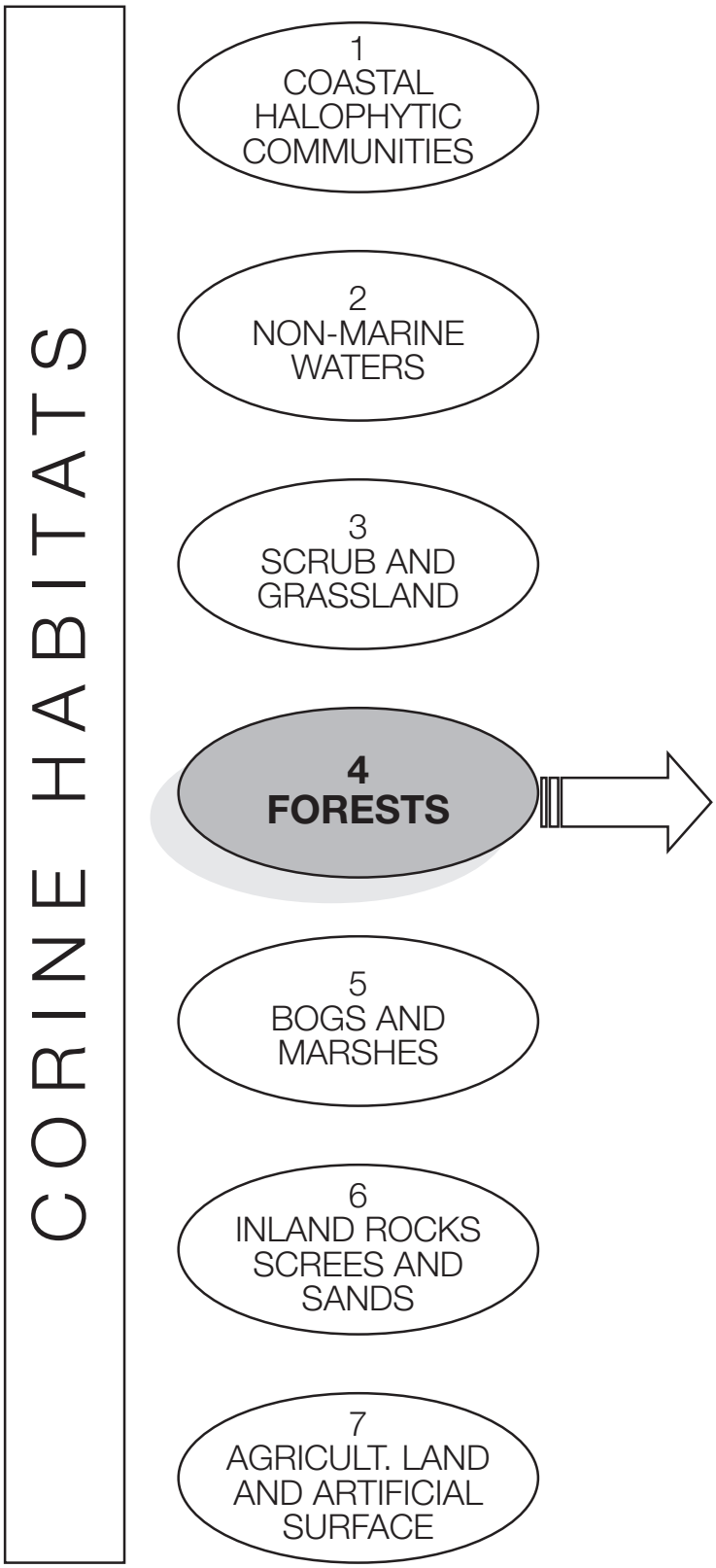


Figura 2.3 – Habitat secondo la tipologia CORINE



41. BROAD-LEAVED DECIDUOUS FORESTS
41.1 Beech forests
41.2 Oak-hornbeam forests
41.3 Ash forests
41.4 Mixed ravine and slope forests
41.5 Acidophilous oak forests
41.6 Quercus pyrenaica forests
41.7 Thermophilous and supra-medit. oak woods
41.8 Hop-hornbeam, Orientai hombeam and mixed therm. For.
41.9 Chestnut woods
41.A Hornbeam woods
41.B Birch woods
41.C Alder woods
41.D Aspen woods
41.E Rowan woods
41 F Elm woods
41.G Lime woods
41.H Other deciduous woods

42. CONIFEROUS W00DLAND
42.1 Fir forests
42.2 Spruce forests
42.3 Larch-Arolla forests
42.4 Mountain pine forests
42.5 Scots pine forests
42.6 Biack pine forests
42.7 High oro-mediterranean pine forests
42.8 Mediterranean pine woods
42.9 Canary Isiand pine forests
42.A Cypress, juniper and yew forests

43. MIXED W00DLAND

44. ALLUVIAL AND VERY WET FORESTS AND BRUSH
44.1 Riparian willow formations
44.2 Grey alder galieries
44.3 Medio-European stream ash-alder woods
44.4 Mixed oak-elm-ash forests of great rivers
44.5 Southem alder and birch galieries
44.6 Mediterranean poplar-elm-ash forests
44.7 Orientai piane and sweet gum woods
44.8 Southem riparian galieries and thickets
44.9 Alder, willow and bog-myrtle swamp woods
44.A Birch and conifer swamp woods

45. BROAD-LEAVED EVERGREEN W00DLAND
45.1 Olive-carob forests
45.2 Cork-oak forests
45.3 Meso- and supra-mediterranean holm oak forests
45.4 Kermes oak forests
45.5 Continental laurel-oak woodland
45.6 Macaronesian laurei forests
45.7 Palm groves
45.8 Holly woods
45.9 Canarian heath forests

Figura 2.4 – Regioni biogeografiche in Natura 2000 (da Commissione Europea, 1996).

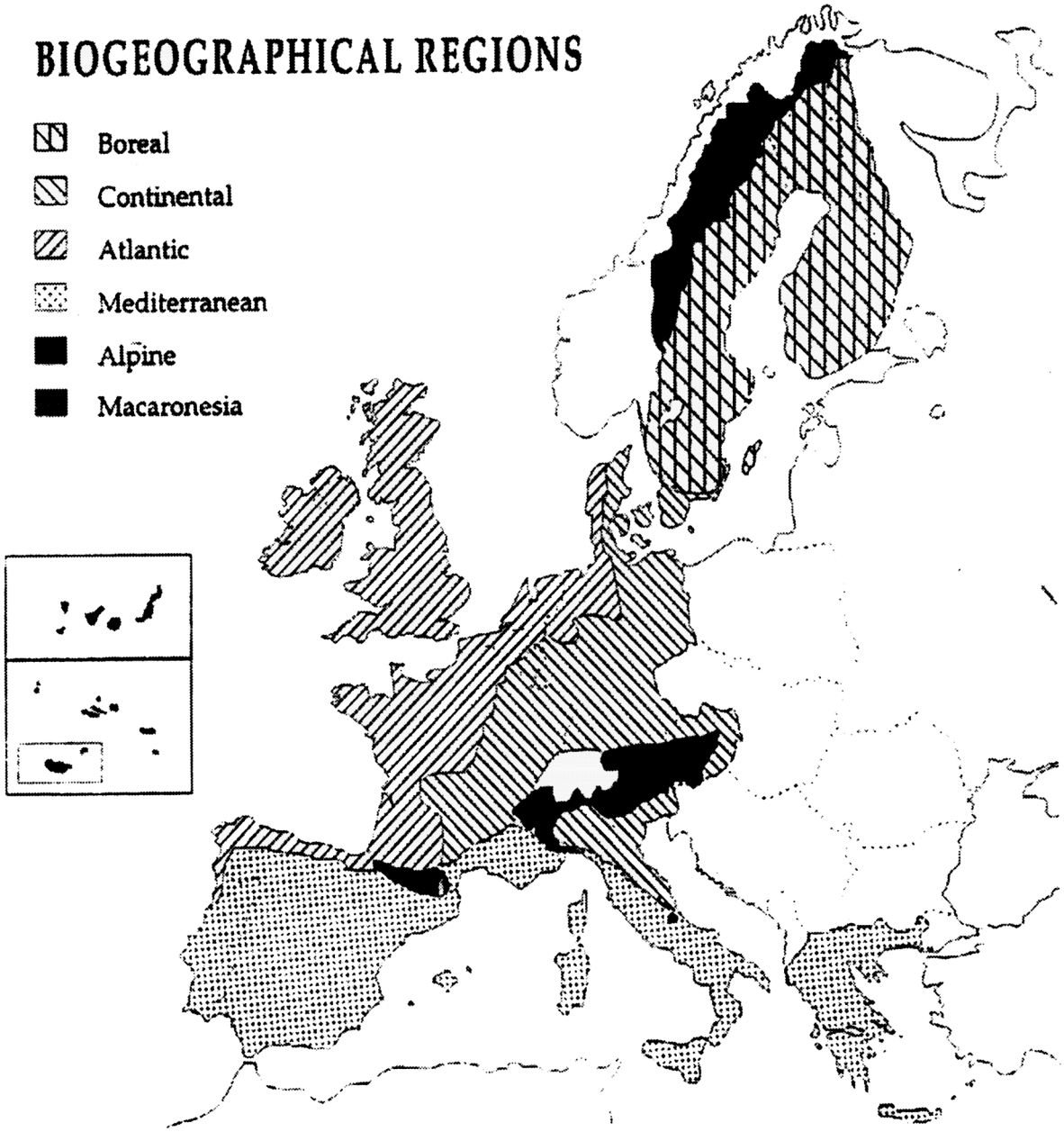
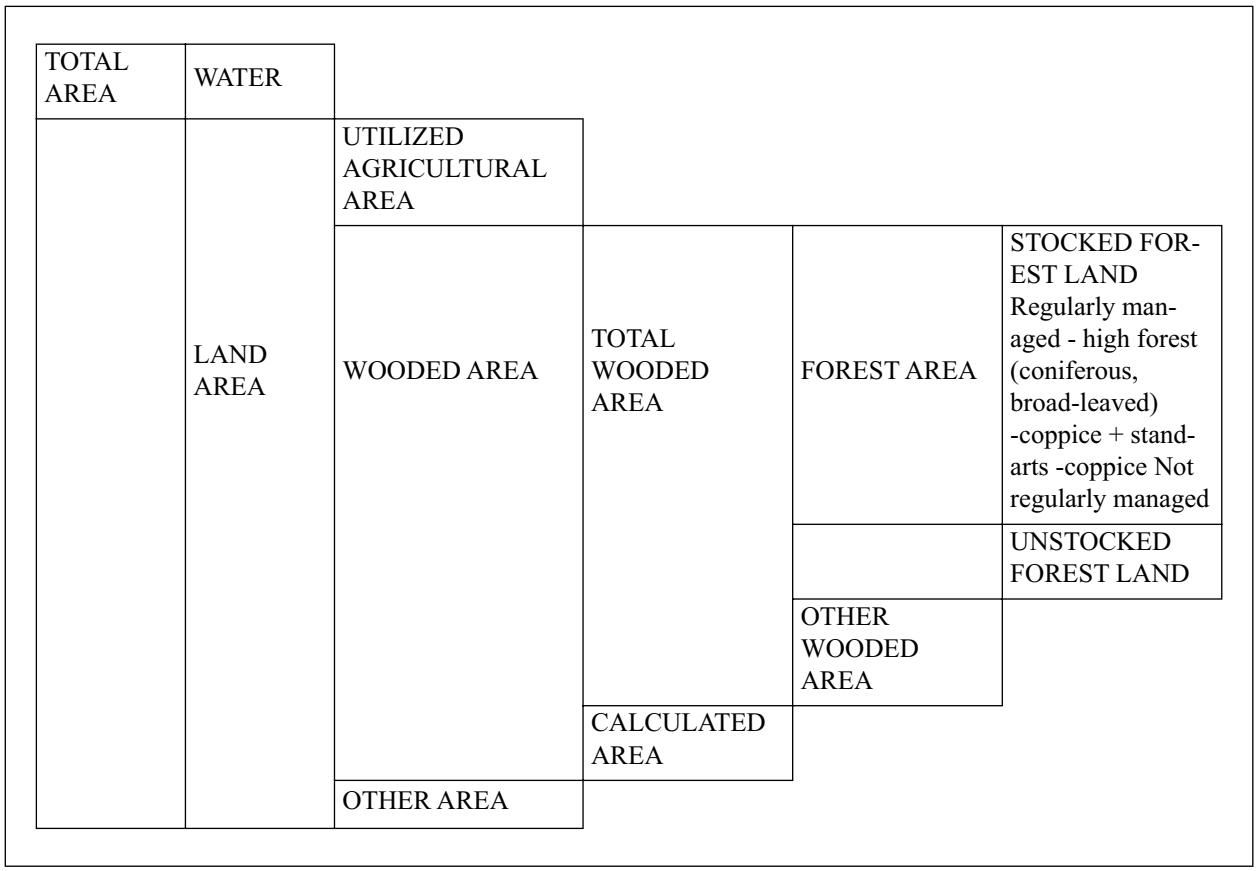
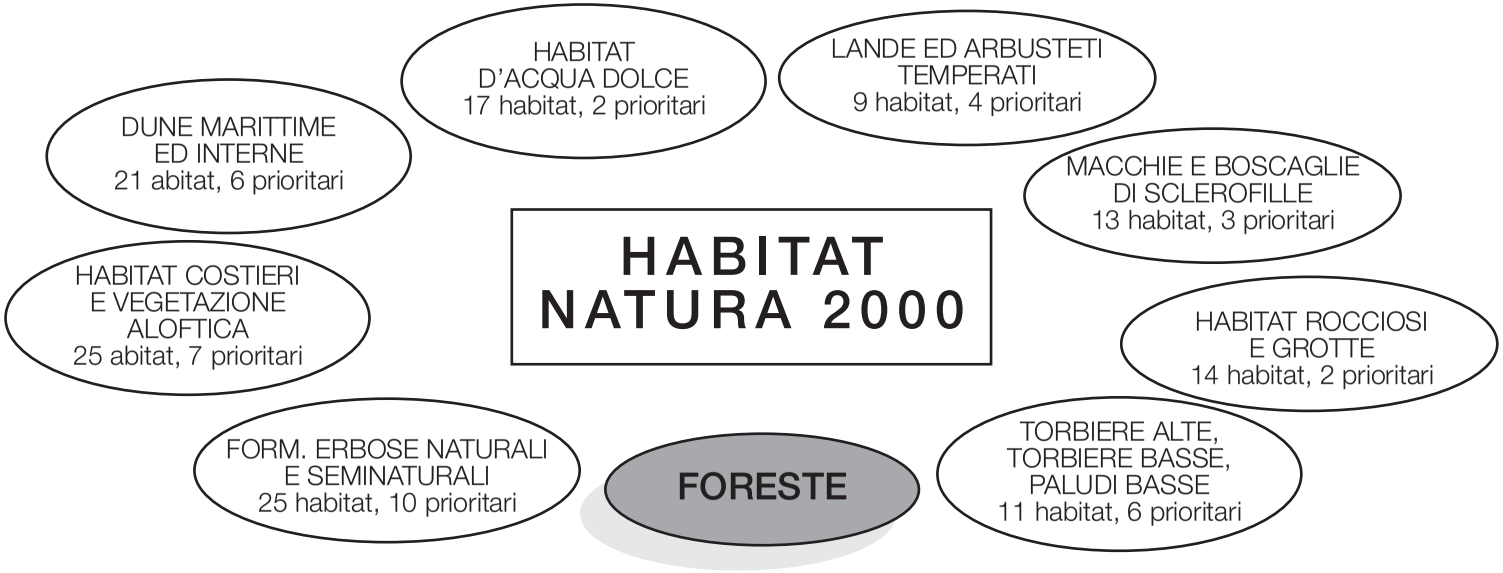


Figura 2.5 – Schema adottato da EUROSTAT per la classificazione delle superfici (da Schönig, 1994).





SITI BIOITALY

90 FORESTE DELL'EUROPA BOREALE
*8 habitat, 4 prioritari**

91 FORESTE DELL'EUROPA TEMPERATA
*19 habitat, 8 prioritari**

9110 Faggeti dei Luzufo-fagetum (88 siti)
9120 Faggeti con Ilex e Taxus dell'Ilici-Fagion (3 siti)
9130 Faggeti dell'Asperulo-Fagetum (76 siti)
9140 Faggeti sub-alpini con Acer e Rumex a. (16 siti)
9150 Faggeti calcicoli dei Cephalanthero-Fagíon (102 siti)
9160 Querceti di farnia, rovere dei Carpinion betuli (39 siti)
9170 Querceti di rovere del Galio-Carpinetum (8 siti)
9180*Foreste di versanti, ghiaioni, vagoni dei Tilio-Acerion (124 siti)
9190 Vecchi querceti acidofili su pianure sabbiose a 0. robur (12 siti)
91BO Frassineti termofili a Fraxinus angustifolia (26 siti)
91DO* Torbiere boscose (35 siti)
91FO* Foreste miste riparie di grandi fiumi (rovere, olmi, frassini) (73 siti)
91GO* Boschi pannonici di Quercus petraea e Carpinus betulus (1 sito)
91HO* Boschi pannonici di Quercus pubescens (81 siti)

92 FORESTE MEDIT. CADUCIFOGLIE
13 habitat, 2 prioritari

9210* Faggeti dell'Appennino con Taxus e Ilex (253 siti)
9220* Faggeti dell'Appennino con Abies alba e A. nebrodensis (80 siti)
9240 Querceti a Quercus faginea e 0. canariensis (3 siti)
9250 Querceti a Quercus trojana (8 siti)
9260 Castagneti (247 siti)
9280 Boschi di Quercus frainetto (7 siti)
92A0 Foreste a galleria di Salix alba e Populus alba (236 siti)
92BO Formazioni riparie mediterranee a Rh. ponticum (i sito)
92DO Foreste riparie a galleria termomediterranee (NerioTamaricetaeae) (39 siti)

93 FORESTE SCLEROFILLE MEDITERR.
8 habitat, 2 prioritari
0,320 Boschi a Olea e Ceratonia (66 siti)
9330 Foreste di Qurcus suber (26 siti)
9340 Foreste di Quercus ilex e 0. rotundifolia (341)
9350 Foreste di Quercus macrolepis (3 siti)
9380 Foreste di Ilex aquifolium (5 siti)

94 FORESTE Di CONIFERE MONT. TEMP.
3 habitat
9410 Foreste acidofile montane e alpine di Picea (138 siti)
9420 Foreste alpine di larice e cembro (137 siti)
9430 Foreste montane e subalpine di Pinus uncinata (15 siti)

95 FORESTE Di CONIFERE MONT. MEDIT.
8 habitat, 5 prioritari

9510 Abetine Appennino meridionale (11 siti)
9530* Pinete mediterranee di pini neri endemici (46 siti)
9540 Pinete mediterranee di pini mesogeni endemici (83 siti)
9560* Foreste endemiche di Juniperus spp. (19 siti)
9580* Boschi di Taxus baccata (8 siti)

Figura 2.6 – Habitat della Dir. 97/62/CEE nei siti Bioitaly

Tabella 2.1 – Sezioni e tabelle del questionario UN-ECE/FAO per FRA 2000 (UN-ECE/FAO, 1997b); note esplicative e fonti informative per la compilazione (stato attuale per l'Italia).

SEZIONE	TABELLA	FONTI	NOTE
RISORSE FORESTALI/ INFORMAZIONI GENERALI	superficie totale per classi principali (ha)	IFN	acque interne, foreste, altre terre boscate, altro
	naturalità (ha)	IFN	foreste e a.t.b. indisturbate, seminaturali, piantagioni
	superficie disponibile/non disponibile a fini produttivi (ha)	IFN	distinguere tra foreste e a.t.b. a predominanza di conifere, latifoglie o miste; specificare cause della mancata disponibilità (conservazione/protezione o ragioni economiche)
	forma di governo – fustaie/cedui (ha)	IFN	distinguere tra boschi produttivi e non
	proprietà, gestione (ha)	IFN ISTAT	foreste e a.t.b. pubbliche, private – di individui, imprese, altre istituzioni – per le foreste indicare la superficie prod.
	Dimensioni aziendali (ha e numero di proprietà per classe)	ISTAT	foreste e a.t.b., classi di estensione < 3 ha, 3-5, 6-10, 11-20, 21-50, 51-100, 101-500, 501-10.000, 10.001-100.000, > 100.000, distinte per tipo di proprietà (pubblica, privata)
	cambiamenti relativi alla funzione produttiva (ha)	IFN	confronto con dati periodo precedente, per foreste e a.t.b.
BIODIVERSITÀ & TUTELA	stato di protezione (ha)	dati MA	foreste e a.t.b., categorie IUCN
	specie arboree (elenco)	IFN	distinzione tra spontanee e introdotte, abbondanza (comune, rara, a rischio, in pericolo di estinzione)
	specie a rischio o minacciate che si trovano in foresta o in a.t.b. (elenco)	altri DB	sp. arboree, altre piante vascolari, felci, muschi, licheni, mammiferi, uccelli, altri verteb., lepidotteri
	rinnovazione e aumento della superficie forestale (ha negli ultimi 10 anni) a carico di terre nude o a.t.b.	IFN	rinnovazione naturale, per piantagione e semina, rinnov. agamica dei cedui; imboschimenti e rimboschimenti; introduzione di specie
	diversità specifica e origine del materiale di propagazione (elenco)	IFN altri DB	specie indigene e introdotte, provenienze
PRODUZIONE LEGNOSA & FISSAZIONE DEL CARBONIO	distribuzione per classi di età (ha) delle fustaie produttive	IFN	disetanee, coetanee (in rinnovazione, < 10 a., 11-20 a., 21-40 a. …> 140, età non nota), dist. conifere, latif., miste
	biomassa e volume totale (peso secco e mc)	IFN	volume alberi vivi/morti e biomassa di alberi in foresta – dist. tra boschi produttivi e non, tra conifere, latifoglie e misti – degli a. fuori foresta e degli arbusti – biomassa epigea ed ipogea
	incremento (mc/anno)	IFN	dist. conifere, latifoglie, miste, foreste produttive e non, i. di a.t.b. e alberi fuori foresta; indicare le perdite naturali
	massa utilizzata ed esboscata (mc/anno)	IFN ISTAT	indicare le perdite naturali; dist. tra conifere, latifoglie, miste; dist. tra volume sopra e sotto corteccia; indicare i prelievi di alberi fuori foresta
	variazione della massa dei soprassuoli (mc del periodo e annui)	IFN	dist. conifere, latifoglie, miste
CONDIZIONI DI SALUTE	danni (ha)	IFN altri DB	da cause biologiche (insetti, selvaggina) fuoco, inquinamento, avversità climatiche
	incendi (ha)	altri DB	ha/anno dal 1986 al 1997, dist. foreste e a.t.b.
	condizioni del bosco	altri DB	% per classi di defogliazione negli anni dal 1986 al 1997
FUNZIONI PROTETTIVE & SOCIO-ECONOMICHE	protezione del suolo (ha)	IFN	foreste e a.t.b. con primaria funzione di protezione
	popolazioni tribali indigene	–	solo per le nazioni in cui vivono
	accessibilità (ha, brevi note)	altri DB	limitazioni possibilità di accesso dei visitatori (superficie interessata); informazioni sull'uso turistico-ricreativo della foresta
	prodotti e servizi della foresta (brevi note)	altri DB	richieste informazioni su ciascun prodotto/servizio: legname, altri prodotti per consumo umano, foraggio, altri prodotti (resina, tannino, sughero ecc.), servizi (protettivo, socio-economico, estetico, culturale, storico, scientifico)
	quantità e valore dei prodotti egnosi e non (quantità, valore)	ISTAT, altri DB	stima quantità e valore monetario dei prodotti legnosi e non legnosi

Abbreviazioni: IFN = Inventario Forestale Nazionale, a.t.b. = altre terre boscate (boschi radi e cespuglieti), MA = Ministero dell'Ambiente, altri DB = altri database.

Tabella 2.2 – Risultati del progetto FIRS: elenco degli attributi e relativa importanza in relazione a produzione, aspetti ambientali e uso del suolo (a un minore punteggio corrisponde una maggiore importanza); gli attributi chiave e la relativa categoria informativa di appartenenza vengono evidenziati dallo sfondo colorato.

ATTRIBUTI	PRODUZIONE	ASPETTI AMBIENTALI	USO DEL SUOLO
Superficie forestale attuale	1	3	1
Volume	1	13	13
Struttura popolamento (specie, struttura vert., densità)	2	3	6
Diametro	2	12	15
Altezza	2	8	14
Qualità del legno	2	11	10
Stato di salute	3	2	8
Assortimenti	3	13	13
Valore del legno	3	12	9
Incremento	3	7	8
Prelievi	3	7	14
Produttività	3	10	8
Età	4	9	12
Danni (incendi, inquinamento, epidemie, ecc)	4	2	5
Fattori stazionali	4	5	6
Obbiettivi della pianificazione	4	3	3
Copertura del suolo (tipo, densità, pattern)	5	2	1
Tipo di suolo	5	3	2
Superficie forestale potenziale	6	6	7
Rinnovazione	6	7	14
Proprietà	7	7	5
Defogliazione	8	52	11
Clima	8	6	5
Stato di protezione	8	1	2
Topografia	9	4	2
Risorse idriche	9	2	5
Impatto ambientale	9	1	4
Prodotti non legnosi e altri servizi	9	4	6
Tipo di vegetazione	10	1	5
Storia del popolamento	10	7	9
Biomassa legnosa	11	6	11
Superficie altre terre boscate	12	3	3
Biomassa erbacea	13	4	12
Rischi per la diversità specifica	13	1	9
Habitat faunistici	13	1	6
Naturalità	14	1	6
Scenic beauty	16	2	4

Tabella 2.3 – Elenco degli attributi diretti e indiretti (*) esaminati nello studio EFICS, relativa importanza ed esigenze di armonizzazione delle definizioni (AA. W., 1997).

CATEGORIA	ATTRIBUTO	IMPORTANZA COMPARABILITÀ
Regione geografica/Proprietà	Unità amministrativa	A-1
	Regione a diversa produttività o accrescimento	C-3
	Ecoregione	D-4
	Uso del suolo, Superficie forestale	A-3
	Proprietà	A-2
Stazione e Suolo	Altitudine	B-1
	Pendenza	B-1
	Esposizione	B-1
	Morfologia/Orografia	C - 3
	Rocciosità/Pietrosità	C - 2
	Tipo di suolo	B - 2
	Erosione	C - 3
	Site Index*	C - 3
Produzione legnosa	Diametro/Circonferenza 1.30	A-1
	Altezza totale	A-1
	Specie arborea	A-1
	Spessore corteccia	C-1
	Incremento radiale	C-1
	Diametro superiore fusto	C - 2
	Diametro ceppaia	C - 2
	Difetti del fusto	C - 3
	Attributi della chioma	C - 3
	Volume arboreo individuale*	A - 2
	Incremento basimetrico*	C - 2
	Incremento volumetrico*	C - 2
	Biomassa legnosa*	C - 2
	Numero di alberi/ha*	B - 2
	Volume compreso incremento*	C - 2
	Assortimenti*	C - 3
	Biomassa totale*	D - 4
Struttura dei bosco	Copertura chioma	B-1
	Posizione sociale	B-1
	Distribuzione spaziale	C
	Composizione strato arboreo	A-2
	Età soprassuolo	A-2
	Stadio di sviluppo	B - 3
	Numero piani o livelli verticali	C - 2
	Altezza popolamento	B - 2
	Pattern arbusti	C - 2
	Tipo di soprassuolo (gov.,tratt.)	C - 3

segue Tabella 2.3

Rinnovazione	Specie	B-11
	Abbondanza	B-1
	Altezza	C - 2
	Danni/condizioni	C - 2
	Età	C - 2
	Altri attributi (origine, distribuzione)	B - 3
Condizioni fitosanitarie	Defogliazione/trasparenza chioma	C-1
	Depigmentazione	C-1
	Degrado stazione (origine e intensità)	C - 2
	Danni al popolamento (origine e intensità)	B - 2
	Indicatori biologici	C - 3
Accessibilità, Utilizzazioni, Assestamento	Accessibilità/infrastrutture stradali	B - 3
	Utilizzazioni	B - 3
	Assestamento	C - 3
	Legno morto combustibile	C - 2
	Lavorazioni dei terreno	C - 2
	Massa utilizzata*	C - 2
	Massa prelevata*	C - 2
	Rischio d'incendio*	C - 2
Ecosistema forestale	Composizione floristica	C - i
	Margini e radure	C - 2
	Alberi secchi e altro materiale	C - 2
	Tipologia vegetazione	C - 3
	Caratterizzazione areale	C - 3
	Fauna	D - 3
	Naturalità*	C - 4
	Frammentazione*	D - 4
	Biodiversità*	D - 4
Prodotti non legnosi ed altri Servigi	Prodotti non legnosi	C - 2
	Sughero	C - 2
	Funzione di conservazione	C - 2
	Funzione di protezione	C - 3
	Funzione ricreativa	C - 3
	Pascolo*	C
Varie	Dati per elaborazione	

Importanza:
A – rilevato in tutti i paesi o quasi
B – rilevato in oltre la metà dei paesi
C – rilevato in meno della metà dei paesi
D – quasi mai rilevato ma interessante

Confrontabilità:
1 – definizioni compatibili, dati confrontabili
2 – definizioni diverse ma facilmente uniformabili
3 – definizioni difficilmente uniformabili, dati non confrontabili
4 – attributo di nuova definizione

Tabella 2.4 – Principali contenuti informativi del database Bioitaly.

IDENTIFICAZIONE SITO	TIPO (isolato, confinante, parz. sovrapposto, coincidente, incluso)	
	CODICE	
	DATA COMPILAZIONE e AGGIORNAMENTO	
	RAPPORTI CON ALTRI SITI NAT2000	
	RESPONSABILE DATI	
	NOME SITO	
	DATA DESIGNAZIONE SIC/Rete Nat2000	
LOCALIZZAZIONE SITO	LOCALIZZAZIONE CENTRO SITO (coordinate geografiche)	
	AREA LUNGHEZZA	
	ALTITUDINE (minima, massima, media)	
	REGIONE AMMINISTRATIVA (codice NUT)	
	REGIONE BIOGEOGRAFICA	
INFORMAZIONI ECOLOGICHE	TIPI DI HABITAT (elenco caratteristiche)	codice dell'habitat
		% superficie del sito coperta dall'habitat
		rappresentatività (rispetto alle caratt. tipiche
		superficie relativa rispetto alla sup. nazionale
		grado di conservazione
		valutazione globale
	SPECIE ALLEGATI DIRETTIVE UE 79/409/CEE, 92/43/CEE (elenco e relative informazioni) uccelli all. 79/409/CEE e migratori mammiferi/anfibi e rettili/pesci/ invertebrati	codice
		nome della specie
		popolazione (copertura o n° individui/coppie)
		valutazione del sito per la conservazione della specie
	ALTRE SPECIE (elenco e relative informazioni)	gruppo (uccelli, mammiferi, anfibi, rettili, pesci, invertebrati, piante)
		nome scientifico
		popolazione (comune, rara, molto rara, sconosciuta)
		motivazione (specie endemica, del libro rosso o altro)
DESCRIZIONE SITO	CARATTERISTICHE GENERALI (% interessata dai diversi tipi di copertura del suolo)	
	QUALITÀ E IMPORTANZA (breve testo descrittivo)	
	VULNERABILITÀ (breve testo descrittivo)	
	DOCUMENTAZIONE (bibliografia)	
STATO DI PROTEZIONE E RELAZIONI CON CORINE	TIPO DI PROTEZIONE (parco o riserva nazionale, regionale, oasi etc.)	
	RELAZIONE CON ALTRI SITI PROTETTI (confinante, parz. sovrapposto, coincidente, incluso)	
	RELAZIONE CON SITI CORINE (confinante, parz. sovrapposto, coincidente, incluso)	
FENOMENI ED ATTIVITÀ UMANE	CODICE ATTIVITÀ	
	INTENSITÀ	
	% DEL SITO INTERESSATA	
	LOCALIZZAZIONE (nel sito o nell'area circostante)	
	INFLUENZA (positiva, negativa, neutra)	
	GESTIONE DEL SITO (ente responsabile, eventuali piani)	
MAPPA DEL SITO	N° MAPPA, SCALA, PROIEZIONE	
DIAPOSITIVE	ELENCO	

Bibliografia

AA. W, 1997 – *Study on European Forestry Information and Communication System. Reports on forestry inventory and survey systems*. European Commission, 2 vol.

Commissione Europea, 1991a – *CORINE biotopes. The design, compilation and use of an inventory of sites of major importance for nature conservation in the European Community*. Luxembourg, 132 pp.

Commissione Europea, 1991b – *CORINE biotopes manual. Methodology. A Method to identify and describe consistently sites of major importance for nature conservation*. Volume I Luxembourg, 70 pp.

Commissione Europea, 1991c – *CORINE biotopes manual. A Method to identify and describe consistently sites of major importance for nature conservation. Data Specifications* – Part I. Volume 2, Luxembourg, 126 pp.

Commissione Europea, 1991d – *CORINE biotopes manual. Habitats of The European Community. A Method to identify and describe consistently sites of major importance for nature conservation. Data Specifications* – Part 2. Volume 3, Luxembourg, 300 pp.

Commissione Europea, 1993 – *CORINE Land Cover guide technique*. Office des Publications Officielles des Communautés Européennes. Luxembourg, 144pp..

Commissione Europea, 1994 – *Rete Natura 2000. Formulario Standard Note esplicative*. Bruxelles, 24 pp.

Commissione Europea, 1996 – *Interpretation manual of European Union Habitats. EUR 15 Version*. Bruxelles, 145 pp.

Commissione Europea, 1997 – *Protezione delle Foreste nell'Unione Europea contro l'inquinamento atmosferico 1987-96*. Europa Verde 2/96.

Consiglio delle Comunità Europee, 1992 – *Direttiva 92/43/CEE.* G.U. delle Comunità europee dei 22/7/92: 7-50.

Consiglio delle Comunità Europee, 1997 – *Direttiva 97/62/CEE.* G.U. delle Comunità europee dei 8/11/97: 42-65.

Corona P, Ambrosini 1., 1995 – *Inventari forestali in Italia.* Italia Forestale e Montana, 2: p. 199-214.

Del Favero R., Andrich O., De Mas G., Lasen C., Poldini L., 1990 – *La vegetazione forestale del Veneto. Prodromi di tipologia forestale.* Regione Veneto, Assessorato Agricoltura e Foreste, Dipartimento Foreste: 179 pp.

Del Favero R., De Mas G., Lasen C., 1991 – *Guida all'individuazione dei tipi forestali del Veneto.* Regione Veneto, Assessorato Agricoltura e Foreste, Dipartimento Foreste: 143 pp.

Del Favero R., Poldini L., 1998 – *La vegetazione forestale e la selvicoltura nella Regione Friuli-Venezia Giulia.* Regione Friuli-Venezia Giulia, Direzione Generale delle Foreste, Servizio della Selvicoltura, 2 Volumi, Udine 1998.

Ferretti M., Cenni E., Cozzi A., 1994 – *Indagini sulle condizioni dei boschi. Coerenza e controntabilità dei dati sulla trasparenza delle chiome degli alberi in Italia.* Monti e Boschi 2/94: 5-13.

Fiorentino E., 1997 – *Il progetto Bioitaly.* S.It.E. Atti, 1997, 18: 39-41.

Folving S., Kennedy P, Häme T, Roy D. P, 1996 – *The FIRS Project. Progress Report and first results from the Foundation Actions and Themes.* European Commission, Joint Research Centre, Ispra (VA), 14 pp.

IRSA, 1994 – *FIRS Project Description* 1994-99. European Commission, Joint Research Centre, Ispra (VA), 22 pp.

IRSA-EFI, 1994 – *Proceedings of the International Workshop "Designing a System of Nomenclature for European Forest Mapping.* Joensuu, Finiand, 13-15 June 1994.

IRSA, 1995 – *Regionalization and stratification of European forest ecosystems.* European Commission, Joint Research Centre, Ispra (VA), 141 pp..

Kennedy P, Folving S., 1997 – *FIRS Status Report*. October 1997. Space Applications Institute, Env. Mapping and Monitoring: 24 pp.
Köhl M., Päivinen R., 1996 – *Definítion of a system of nomenclature for mapping European forests and for compiling a Pan-european Forest Information System. Final report of the project.*
Korotkov A.V., 1994 – *UN-ECE/FAO Forest Resources Assessment: Retrospective and Look into the Future.* In: IRSA-EFI, 1994 – *Proceedings of the International Workshop "Designing a System of Nomenclature for European Forest Mapping.* Joensuu, Finland, 13 15 June 1994.
Marchetti M., 1994 – *Geo-referenced forest information for Italy. In: IRSA-EFI, 1994 –Proceedings of the International Workshop "Designing a System of Nomenclature for European Forest Mapping.* Joensuu, Finland, 13 15 June 1994: 241-255.
MiRAAF, 1995 – *Programma nazionale Integrato per il Controllo degli Ecosistemi Forestali (reg. UE 1091194).* Documento interno.
MiRAAF, 1997 – *Carta forestale d'Italia in scala 1:50.000 e Sistema informativo geografico forestale. Regione Liguria.* Nota di sintesi.
Päivinen R., 1997 – *Comparable Data on European Forests.* EFI News 97/1: 8-9,
Regione Piemonte, 1996 – *I tipi forestali del Piemonte*. Assessorato Economia montana e Foreste: 372 pp.
Roy D. P, 1997 – *Mapping the forest of Europe using AVHRR Data: demonstration of a new approach.* European Commission, Space Application Institute, Joint Research Institute, Ispra: 108 pp.
Schönig P, 1994 – *Nomenclature used by Eurostat for land use and structure statistics. In IRSA-EFI, 1994 – Proceedings of the Intemational Workshop "Designing a System of Nomenclature for European Forest Mapping".* Joensuu, Finland, 13-15 June 1994: 11-120.
Tosi V, Marchetti M., 1997 – *Country Report for Italy.* In: AA. W, 1997 – *Study on European Forestry Information and Communication System. Reports on forestry inventory and survey systems.* European Commission, vol. 1: 423-645.
UN-ECE/FA0, 1997a – *UN-ECE/FAO Temperate and Boreal Forest Resources Assessment 2000. Terms and Definitions.* United Nations New York and Geneva, July 1997: 13 pp.
UN-ECE/FAO, 1997b – *UN-ECE/FAO Temperate and Boreal Forest Resources Assessment 2000, Enquiry.* United Nations New York and Geneva, July 1997: 49 pp.
Wolsack J., 1994 – *Geo-referenced Forest Information in France. In IRSA-EFI, 1996 – Proceedings of the International Workshop "Designing a System of Nomenclature for European Forest Mapping*, Joensuu, Finland, 13 1511 June 1994: 197-206.

Acronimi e sigle ricorrenti nel capitolo 2

AVHRR – Advanced Very High Resolution Radiometer
CE – Commissione Europea
CEC – Commission of European Community
CEO – Centre for Earth Observation
CON.ECO.FOR – Programma nazionale di Controllo degli Ecosistemi Forestali
CORINE – Coordination of Information on the Environment
DG – Direzione Generale (Commissione Europea)
EC – European Commission
ECE – Economic Commission for Europe
EFI – European Forest Institute
EFICS – European Forest Information and Communication System

EFTA – European Free Trade Association
EMAP – Environmental Mapping and Modelling Unit, sezione dell'IRSA (SAI)
ENEA – Ente Nazionale per l'Energia e l'Ambiente
ESA – European Space Ageney
EU – European Union
EUROSTAT – Istituto Europeo di statistica
FA – Foundation Action (dei progetto FIRS)
FAO – Food and Agricuitural Organization
FIRS – Forest Inventory from Remote Sensing
FMERS – Forest Monitoring in Europe with Remote Sensing
FRA – Forest Resources Assessment
GRID – European Geo-referenced Forest Data Directory
IFN – Inventario Forestale Nazionale
IGM – Istituto Geografico Militare
INA - Information Needs Assessment (dei progetto EFICS)
INDEFO – Indagine sul Deperimento Forestale
IRSA – Institute for Remote Sensing Applications
ISAFA – Istituto Sperimentale per l'Assestamento Forestale e per l'Alpicoltura
ISTAT – Istituto centrale di Statistica
JRC – Joint Research Centre (of the European Commission)
Landsat-TM – Landsat Thematic Mapper
MA – Ministero dell'Ambiente
MARIE-F – Monitoring and Assessment of Resources in Europe – Forest
MERA – MARS and Environmental Related Activities (MARS – progetto della DG I)
MiPA – Ministero per le Politiche Agricole
MiRAAF – Ministero per le Risorse Agricole Alimentari e Forestali
MNTFR – Monitoring Non-Timber Forest Resources
PHARE – Poland, Hungary and Romania
SAI – Space Application Institute
SCA – Share Cost Action
SIAN – Sistema Informativo Agricolo Nazionale
SIC – Siti di Importanza Comunitaria (Progetto Natura 2000)
SIM – Sistema Informativo della Montagna
SIN – Siti di Importanza Nazionale
SIR – Siti di Importanza Regionale (Progetto Bioitaiy)
UE – Unione Europea
UN – United Nations
UNEP-GRID – United Nations Environment Programme – Global Resource Information Database
US NOAA – National Oceanographic and Atmospheric Administration of the United States

Capitolo 3

CONTENUTO INFORMATIVO E METODI DI RILEVAMENTO

SOMMARIO

3.1 Dominio inventariale pag. 68
3.1.1 Definizioni » 68
3.1.2 Conseguenze dei nuovi standard di definizione » 69

3.2 Le fonti di informazione » 70

3.3 Tecniche di raccolta dei dati » 71
3.3.1 Unità di campionamento » 71
3.3.2 Strumenti per i rilievi al suolo » 73
3.3.2.1 Impiego di GPS per la localizzazione dei punti inventariali » 73
3.3.2.2 I dendrometri LASER » 74

3.4 Attributi » 74
3.4.1 Tipo di informazioni da raccogliere » 74
3.4.2 Nomenclatura, caratteristiche e modalità di rilevamento degli attributi » 75
3.4.3 Commenti e definizioni per la tipologia dell'inventario » 81
3.4.3.1 Criteri generali della classificazione e tipologia IFN » 81
3.4.3.2 Livelli I e II: classi di uso del suolo e di dettaglio » 82
3.4.3.3 Livelli I e II: un'ipotesi alternativa » 82
3.4.3.4 Livello III: tipo di vegetazione forestale » 85
3.4.3.5 Criteri di classificazione » 90
3.4.3.6 Considerazioni conclusive sulla tipologia IFN » 90

3.1 Dominio inventariale

Considerando le più recenti esperienze nel campo degli inventari forestali, sembra quasi inevitabile collocare il nuovo inventario forestale nazionale italiano tra i cosiddetti *Multipurpose Resource Inventory* (MRI) (Lund, 1998), ovvero quei sistemi di raccolta di dati designati a soddisfare contemporaneamente i requisiti informativi relativi a più funzioni (oltre a quella produttiva, la protezione del suolo, la funzione turistico-ricreativa, la funzione ecologica ed altre). In questa direzione, infatti, si muove la gran parte dei disegni inventariali allestiti negli altri paesi (solo in Europa 22 inventari nazionali assumono la connotazione di MRI – Lund, *op.cit.*) e la stessa tendenza è emersa anche nei più recenti congressi internazionali. Questo comporta un allargamento della valenza conoscitiva e dei contenuti stessi dell'indagine, che diviene strumento di controllo non solo della consistenza delle risorse forestali ma anche delle relazioni che intercorrono tra il bosco e il complesso dell'ambiente circostante. In un inventario multirisorse le indagini riguardano infatti gli ecosistemi forestali sotto i vari aspetti – ecologici, produttivi, protettivi, naturalistici, socio-economici – e sono estese anche al di fuori del perimetro del bosco, così come viene solitamente inteso. Si osservano dunque, magari con minore intensità, anche gli altri ambienti naturali e seminaturali limitrofi che, al di là del forse limitato significato economico delle risorse legnose presenti, assumono sicuramente un importante valore ecologico e sociale.

In armonia con quanto precedentemente affermato, si propone che il nuovo inventario forestale nazionale interessi (secondo le definizioni sotto riportate) le seguenti componenti del territorio:

– i boschi
– le altre terre boscate
– gli alberi fuori foresta (boschetti, filari, siepi, alberi sparsi).

Prima di procedere con l'osservazione del dominio inventariale, è necessario condurre un'analisi dell'intero territorio, individuando le categorie di uso del suolo. Come è riportato in figura 3.1, lo schema proposto per la classificazione tipologica del territorio, che si articola secondo vari livelli gerarchici, prevede infatti, ad un primo livello di ripartizione, la distinzione delle aree forestali dagli altri territori (agricoli, prativi o d'altro tipo). Successivamente la superficie forestale viene suddivisa in boschi, altre terre boscate ed aree temporaneamente prive di soprassuolo.

La definizione di bosco costituisce il punto di partenza per la valutazione delle risorse forestali (per stabilire ciò che è bosco e ciò che ne resta escluso) ed è uno dei concetti chiave degli inventari forestali. La sua definizione è attualmente in discussione anche a livello internazionale nelle assise dei *Team of Specialist*, che sta preparando, negli incontri di Kotka, le specifiche del prossimo *Forest Resources Assessment* (FRA) del 2000.

Per aderire maggiormente alle definizioni impiegate per i boschi tropicali e disporre di dati comparabili a livello internazionale, l'indagine del *Temperate and Boreal* (TB) FRA 2000 ha modificato le definizioni di bosco ed altre terre boscate rispetto a quelle impiegate nel 1990.

Per le ragioni esposte nei precedenti capitoli (la necessità di scambio di informazioni tra le diverse nazioni), si ritiene opportuno che il prossimo inventario forestale nazionale aderisca alle recenti decisioni prese in sede internazionale, adottando le definizioni concordate per FRA 2000 (Kotka III, UN-ECE/FAO, 1997).

3.1.1 Definizioni

I criteri impiegati per definire la superficie forestale sono di tipo quantitativo e comprendono solitamente l'estensione minima, la larghezza minima e la copertura minima. In aggiunta a questi viene talvolta inserito anche il requisito di altezza minima del soprassuolo

e, nei paesi scandinavi, la produttività potenziale minima (m^3/ha/anno). La tabella 3.1 indica i criteri in uso negli inventari forestali nazionali europei (IFNE). Si può notare che non esistono due paesi che adottino i medesimi standard (se si escludono Svizzera e Liechtenstein).

Nel nostro Paese il precedente inventario dei 1985 (IFN '85 – Castellani *et al.*, 1983) ha applicato i seguenti criteri per l'inclusione di un'area nel contesto inventariale: superficie minima 2.000 m^2, copertura minima 20% e, per le formazioni a sviluppo planimetrico prevalentemente unidirezionale, larghezza minima 20 m.

Osservando le altre realizzazioni inventariali del nostro paese (di iniziativa regionale) (tabella 3.2), solo in alcuni casi si riscontra una precisa aderenza alle definizioni di IFN '85, anche se è certamente maggiore l'omogeneità che si presenta negli standard di definizione adottati per i vari inventari regionali rispetto allo scenario europeo. Le divergenze riscontrabili riguardano soprattutto la copertura e l'area minima.

Le definizioni relative alle aree forestali (bosco e altre terre boscate) e agli alberi fuori foresta adottate per TBFRA 2000 (UN-ECE/FAO 1997) e che, si suggerisce, il nostro paese recepisca per il prossimo IFN, sono le seguenti:

Bosco: territorio con copertura arborea maggiore del 10% su un'estensione di almeno 0,5 ha. Gli alberi devono raggiungere un'altezza minima di 5 m a maturità *in situ*. Può essere costituito da formazioni chiuse o aperte. Soprassuoli giovani o aree temporaneamente scoperte per cause naturali o per l'intervento umano, ma suscettibili di ricopertura a breve termine secondo i requisiti sopra indicati, sono inclusi nella definizione di bosco.
Sono inoltre inclusi: vivai forestali e arboreti da seme (che costituiscono parte integrante del bosco); strade forestali, fratte tagliate, tagliafuoco e altre piccole aperture nel bosco; boschi inclusi in parchi nazionali, riserve naturali e altre aree protette; barriere frangivento e fasce boscate di larghezza maggiore di 20 m, purché maggiori di 0,5 ha. Sono incluse anche le piantagioni di alberi da gomma e le sugherete.
È escluso: il territorio prevalentemente destinato alle attività agricole.

Altre terre boscate: territorio con copertura arborea (o soprassuolo equivalente) del 5-10% di alberi capaci di raggiungere 5 m a maturità *in situ*, oppure con copertura di oltre il 10% di alberi o arbusti o cespugli non capaci di raggiungere 5 m a maturità in situ.
Sono escluse: le aree occupate da alberi, cespugli o arbusti come sopra specificato ma su un'estensione inferiore di 0,5 ha e larghezza di 20 m, classificate come altre terre.

Alberi fuori foresta: alberi radicati su terre non classificate a bosco o altre terre boscate.
Sono inclusi: alberi radicati su un territorio che soddisfi le condizioni contenute nelle definizioni di bosco e di altre terre boscate eccetto che per l'estensione – inferiore a 0,5 ha – oppure per la larghezza – inferiore a 20 m – (boschetti); alberi sparsi, filari e siepi presenti in aree a pascolo o a prato permanente (praterie arborate) o in aree agricole; fasce frangivento di meno di 20 m di larghezza e 0,5 ha di estensione[1].

3.1.2 Conseguenze dei nuovi standard di definizione

Come è emerso nel paragrafo 3.1.1, in questo studio si propone di analizzare, per il prossimo inventario forestale, un dominio inventariale diverso da quello indagato con il precedente inventario. Il cambiamento di definizione appare ampiamente giustificato dalla

1. La definizione di TB FRA2000 include anche: arboreti permanenti da frutto e palmeti da cocco; alberi in parchi e giardini, attorno ad edifici, al bordo e lungo strade, ferrovie, corsi d'acqua (filari), elementi per i quali si nutrono forti perplessità circa l'opportunità di inserimento nel contesto inventariale, date le difficoltà di rilievo.

necessità di interscambio dei dati relativi alle aree forestali nell'ambito della definizione di politiche forestali di valenza globale (vedi anche par. 2.2). In molti paesi a lunga tradizione inventariale, peraltro, gli approcci metodologici e le stesse definizioni inventariali sono stati modificati nel corso delle varie indagini.

Risulta evidente che, rispetto alla precedente indagine, la definizione di bosco risulta più estesa riguardo al criterio della copertura, che passa dal 20 al 10%, e più ristretta in relazione alla superficie minima (da 2.000 a 5.000 m^2).

L'adozione di standard diversi da quelli impiegati nella precedente indagine rende più difficile la comparazione dei risultati ottenuti nei due successivi inventari. Una soluzione per ovviare a tale inconveniente potrebbe essere la seguente:

– inserire nel protocollo di rilevamento la classe di copertura 10-20 %;
– mantenere la soglia di superficie minima a 2.000 m^2 e rilevare la classe di estensione 2.000-5.000 m^2.

Ciò consentirebbe di ricavare, come risultato della campagna di rilevamento, l'estensione della superficie forestale sia secondo la vecchia che secondo la nuova definizione. In tal modo sarebbe possibile seguire il *trend* evolutivo della superficie forestale nazionale e, nel contempo, fornire all'esterno dati statistici aggiornati in linea con i requisiti internazionali.

Questa soluzione comporterebbe naturalmente un onere maggiore per le operazioni di rilevamento, che si stima comunque abbastanza contenuto, dell'ordine di grandezza dell'1% in più dei costi altrimenti previsti.

Soluzioni analoghe potrebbero essere eventualmente adottate anche a livello regionale, ove richiesto[2], allo scopo di recepire particolari esigenze o standard locali già in uso, fornendo i dati a due livelli: il primo conforme allo standard nazionale ed il secondo adattato alle definizioni regionali.

Significative sono anche le variazioni che interessano le altre componenti del dominio inventariale. Gli arbusteti, formazioni per nulla trascurabili anche in relazione alla loro estensione (1,7 milioni di ettari nel 1985), restano esclusi dalla definizione di bosco. Questi vengono però recuperati nel computo della superficie forestale all'interno della categoria 'altre terre boscate', in cui vengono inserite anche le formazioni forestali rade.

Una nuova componente rientra inoltre nel dominio inventariale: gli 'alberi fuori foresta'. Anche se le informazioni in merito, che si potranno ricavare dal prossimo inventario forestale nazionale, saranno estremamente limitate, queste potrebbero costituire una base informativa di partenza qualora si provvedesse in futuro al monitoraggio di questi elementi con inventari ripetuti a cadenza periodica.

3.2 Le fonti di informazione

L'inventario forestale nazionale dei 1985 è stato realizzato quasi esclusivamente mediante rilievi al suolo. Localmente, come supporto alla documentazione cartografica (carte IGM in scala 1:25.000), si sono impiegate, ove disponibili, foto aeree in bianco e nero per uno *screening* preliminare, finalizzato a scartare i punti localizzati sicuramente al di fuori dei dominio inventariale.

Dalla precedente realizzazione il progresso tecnologico, soprattutto nei settori dei telerilevamento e dei sistemi informativi, ha compiuto passi da gigante e notevoli aspettative sono riposte nell'immediato futuro.

Rimandando al capitolo 4 del presente studio l'analisi delle attuali potenzialità del teleri-

2. Questa esigenza è emersa nel corso di un incontro tra rappresentanti delle Regioni e l'ISAFA, tenutosi presso l'Accademia Italiana di Scienze Forestali nell'aprile 1998.

levamento, si può anticipare che notevoli vantaggi possono derivare dall'impiego di dati telerilevati.

Un altro settore, in fase di costante sviluppo tecnologico e che si sta espandendo a ritmi sempre più accelerati, è quello relativo ai sistemi informativi geografici (GIS), che consentono l'impiego di banche di dati predisposte anche per altre finalità. Nel GIS le informazioni, di tipo qualitativo o quantitativo, sono organizzate secondo unità spaziali elementari e riferite ad un sistema di coordinate geografiche. Tali caratteristiche (georiferimento) rendono agevole l'integrazione di dati acquisiti direttamente al suolo dall'inventario con altri archiviati in sistemi GIS o forniti dal telerilevamento.

Date queste premesse, il nuovo inventario forestale potrebbe assumere la connotazione di inventario integrato *multi-source*, in linea con la tendenza della gran parte degli inventari forestali in Europa.

In sintesi, si può ipotizzare di utilizzare le seguenti fonti di informazione:

– rilievi al suolo
– telerilevamento
– cartografie
– questionari (interviste)
– altre basi di dati georiferite.

I **rilievi al suolo**, realizzati secondo procedure esposte più avanti, dovrebbero costituire la principale fonte di raccolta dei dati. È questo il caso degli attributi di tipo dendro-auxometrico (rilevazioni diametriche, ipsometriche, incrementali, ecc.) e di quelli descrittivi della stazione, dell'assetto strutturale o di particolari aspetti dell'ecosistema, come la ricchezza biologica.

Per quanto concerne l'impiego del **telerilevamento** si rimanda al successivo paragrafo 4.3. In generale, in relazione al tipo ed alla scala disponibili, questi strumenti si potranno impiegare per le procedure di stratificazione dei territorio e per la stima delle estensioni areali relative alle categorie di bosco, degli altri usi dei suolo ed eventuali sotto-ripartizioni.

Per quanto riguarda i **supporti cartografici**, oltre a costituire uno strumento indispensabile per l'orientamento in campo e la localizzazione dei punti di campionamento, questi possono avere anche contenuti informativi tematici particolari. In altri paesi, come Belgio e Spagna per esempio, vengono utilizzate ed integrate con le altre fonti anche le carte geologiche e idrologiche archiviate in formato digitale.

Tra le **altre basi di dati georiferite** è ora disponibile per l'intero territorio nazionale il modello digitale delle quote. Il sistema inventariale potrà disporre, quindi, direttamente di informazioni relative ad attributi di tipo morfologico (altitudine, pendenza, esposizione) in connessione con le altre basi di dati. Un esempio di tali possibili connessioni è l'integrazione della mappa digitalizzata della rete viaria nella struttura informativa dell'inventario forestale svizzero.

Un'ultima fonte potenziale di informazione è costituita dalle **interviste**. Queste possono essere realizzate specificamente mediante questionari per raccogliere *in toto* (come nel caso dell'inventario nazionale danese), o soltanto in parte, informazioni inventariali (per esempio dati relativi al regime gestionale applicato alle foreste). Nel nostro caso il ricorso a tale fonte si prevede alquanto limitato.

3.3 Le tecniche di raccolta dei dati

3.3.1 Unità di campionamento

Come unità di campionamento di base per i rilievi al suolo, si suggerisce l'adozione di aree di saggio di forma circolare a raggio fisso e di estensione pari a 600 m^2 . La forma circolare infatti consente di delimitare le aree al suolo con maggiore rapidità, mentre le dimensioni indicate sono necessariamente contenute, in modo da non rendere i rilievi troppo

onerosi. Tali dimensioni sono però sufficienti per descrivere in dettaglio alcuni aspetti qualificanti dell'ecosistema in cui ricade il punto di campionamento e per misurare i caratteri quantitativi principali, legati tradizionalmente alla produzione legnosa. La possibile alternativa di realizzare aree relascopiche, sebbene consenta una maggiore rapidità dei rilievi, risulta meno adatta ai fini inventariali. Rispetto a questa, la scelta delle aree di saggio circolari a raggio fisso presenta infatti i seguenti vantaggi:

– la raccolta delle informazioni risulta più accurata (con il metodo relascopico invece può succedere che alcuni soggetti arborei vengano occultati da altri);
– il confine risulta ben definito;
– è possibile rilevare anche attributi di tipo non dendrometrico;
– non vengono privilegiati i soggetti di maggiori dimensioni.

Questo significa che tutti gli alberi, grandi e piccoli, hanno la stessa probabilità di essere selezionati dal campionamento. La soluzione è, in questo caso, perfettamente aderente con gli obiettivi strategici di questo inventario, meno indirizzati, rispetto all'indagine precedente, alla stima della produzione e, per contro, più sbilanciati nell'assunzione di dati sugli altri valori del bosco. Lo stesso tipo di unità di campionamento è stato inoltre impiegato nel precedente inventario nazionale ed è comunque adottato diffusamente nel nostro Paese. Le operazioni di raccolta dei dati verrebbero agevolate pertanto dall'esperienza già acquisita.

In condizioni di elevata densità del soprassuolo, il protocollo dell'inventario dei 1985 prospettava la possibilità di ridurre l'estensione dell'area a 400 o 200 m^2, lasciando un certo margine di soggettività alla scelta delle dimensioni. In alternativa a tale soluzione, può eventualmente essere introdotto l'impiego di aree concentriche associate alla soglia diametrica dei soggetti censibili: si tratterebbe di realizzare un'area piccola, ad es. di 200-300 m^2 per i soggetti di dimensioni inferiori alla soglia assestamentale, e un'area più grande, di 600 m^2, per tutti i soggetti maggiori. Questa modalità è tra l'altro applicata nell'inventario nazionale elvetico.

Considerata la notevole eterogeneità delle informazioni da raccogliere in un inventario multirisorse, oltre all'unità campionaria di base (area di saggio convenzionale), è necessario prevedere altre unità, che pur sempre riferite al punto di campionamento, si differenziano da questa per forma e dimensioni.

Di seguito vengono descritti i vari tipi di unità di campionamento proposti, indicando per ciascuno i principali attributi associati.

Area di saggio convenzionale (a.d.s.)**:** area circolare di 600 m^2, il cui centro coincide con il punto di campionamento (con eventuale cerchio inscritto di 200-300 m^2 per il rilievo dei soli soggetti di dimensioni inferiori alla soglia di 17,5 cm - aree concentriche -);
attributi: attributi dendrometrici e derivati, attributi relativi alla struttura.

Punto di campionamento (p.d.c.): punto individuato sul territorio da una coppia di coordinate geografiche, in genere situato ai nodi di un reticolo sistematico, al quale vengono riferiti i dati raccolti su tutte le unità di campionamento: si utilizza il semplice punto per il rilievo di quegli attributi derivabili dalla cartografia disponibile;
attributi: di tipo qualitativo, in genere derivati da documenti cartografici, come il tipo di proprietà, lo stato di tutela, ecc.

Photoplot: area circolare o quadrata circoscritta al p.d.c., analizzata per foto interpretazione, di dimensioni da 0,5 a 2/3 ha
attributi: uso del suolo, copertura arborea, alberi fuori foresta, diversità del paesaggio, prelievo (inteso in termini di superficie utilizzata).

Area di riferimento di 5.000 m^2: area circolare o quadrata individuata solo visivamente nell'intorno del p.d.c.;
attributi: tipologia forestale (categorie inventariali), funzione ricreativa, forma di governo e trattamento, tipo strutturale, accessibilità.

Area di 2.000 m^2: area sottesa da un raggio di 25 m intorno al p.d.c.; attributi: margini, radure.

Micro-aree di saggio: 2 micro-aree di forma circolare (o quadrata) poste entro l'a.d.s., ciascuna formata da 2 aree concentriche (l'esterna di 2 m^2 e l'interna di 1 m^2) per il rilievo della rinnovazione alta fino a 40 cm e da 41 a 130 cm;
attributi: rinnovazione.

Campioni tridimensionali per rilievo dei profilo della vegetazione: campioni tridimensionali, di forma cilindrica, elevati su una base circolare di 100 m^2 per un'altezza pari a quella massima raggiunta dalla vegetazione o dallo strato interessato;
attributi: profilo verticale della vegetazione nell'ambito dell'attributo struttura.

Campioni per intersezione lineare *(fine intersect sampling)*: coppie di segmenti di campionamento (di lunghezza pari a 10 m) individuati con fettuccia metrica disposta al suolo entro l'a.d.s. secondo una direzione costante o casuale; il rilievo viene effettuato sugli elementi intersecati dai segmenti;
attributi: legno morto a terra (residui, ecc).

Aree di campionamento per la lettiera: coppie di aree di 1 m^2 poste agli estremi di uno dei due segmenti lineari, per l'asportazione e la pesatura della lettiera;
attributi: lettiera (necromassa).

3.3.2 Strumenti per i rilievi al suolo

3.3.2.1 Impiego di GPS per la localizzazione dei punti inventariali

La localizzazione geografica di punti inventariali di coordinate note può essere facilitata dall'impiego dei GPS. Questo infatti, attraverso la "navigazione", cioè l'avvicinamento al bersaglio (punto di campionamento) mediante ripetuta determinazione di distanza ed azimut tra operatore e bersaglio stesso, consente il ritrovamento al suolo in tempi relativamente brevi del punto di campionamento.

Nei rilievi topografici tradizionali, effettuati nel caso dei precedente IFN, la localizzazione dei punti di campionamento avviene mediante poligonazione, ovvero tracciando spezzate a partire da punti di coordinate note e di facile individuazione. Gli strumenti utilizzati per la misura di distanze ed angoli possono essere più o meno sofisticati: bussola e cordella metrica, tacheometro, teodolite o distanziometro.

L'impiego con modalità opportune del *Global Positioning System* (GPS) può ridurre i tempi necessari al raggiungimento di punti a terra, rendere più precisa la loro localizzazione, facilitare una gestione informatizzata delle operazioni e sfruttare al meglio i dati digitali già disponibili (Scrinzi, 1992).

Per il raggiungimento dei livelli di accuratezza richiesti nella localizzazione di punti inventariali è necessario far ricorso alla **correzione differenziale**. Questa consiste nella correzione dei dati registrati dal ricevitore in campo (*rover*) utilizzando quelli registrati contemporaneamente da un altro ricevitore posizionato in un punto di coordinate note con elevata precisione e accuratezza (*reference station*)[3].

La correzione differenziale può avvenire in un momento successivo a quello dei rilevamento in campo (DGPS *post-processing*) oppure contemporaneamente (DGPS *real time*).

Per la "navigazione" è indispensabile utilizzare la modalità DGPS-RT (*real time*), che richiede un costante collegamento tra base e *rover*, realizzato attraverso *modem* e radio ricetrasmittenti. I livelli di accuratezza raggiungibili con questo sistema sono gli stessi dei DGPS *post-processing*.

---

3. La correzione differenziale elimina completamente gli effetti della *Selective Availability* SA (degradazione volontaria dei dati introdotta a scopi di sicurezza dal Dipartimento della Difesa degli Stati Uniti) e riduce anche gli errori intrinseci al sistema, presenti quando i dati del ricevitore in campo non vengono corretti (modalità *stand-alone*).

Poiché la tipologia degli apparati radio e le frequenze normalmente disponibili per questo tipo di trasmissioni non prevedono l'uso di ripetitori (la legislazione italiana in materia di radio-comunicazioni è piuttosto restrittiva) esistono notevoli difficoltà a stabilire dei collegamenti radio idonei all'invio delle correzioni (orografia, copertura arborea, potenza dei segnale, ecc.). Il superamento di queste difficoltà può avvenire adottando una strategia di rilevamento basata sui seguenti punti (Scrinzi e Floris, 1992):

– accurata pianificazione del rilevamento tenendo conto delle caratteristiche orografiche e vegetazionali dei diversi bacini di lavoro;
– individuazione di numerose basi per la correzione (*reference stations*) posizionate in punti idonei ad una buona copertura radio di ampi bacini territoriali;
– utilizzo di strumentazione dedicata alle peculiari caratteristiche del rilevamento (ad es. antenne direzionali);
– utilizzo di un parallelo canale di comunicazioni foniche (altri apparati radio o telefoni cellulari) tra operatori alla base e ai *rover*.

Poiché anche in osservanza di tutte le strategie menzionate è prevedibile la presenza di punti per i quali non sarà possibile il ricorso al DGPS-RT, occorre prevedere anche l'utilizzo saltuario di un sistema di posizionamento sussidiario (vedi *forestry laser*).

3.3.2.2 I dendrometri LASER

Per l'esecuzione delle misurazioni dendrometriche, oltre ai tradizionali strumenti (ipsometri, clisimetri, relascopi), sono oggi disponibili dendrometri universali di tipo digitale a tecnologia LASER (Tosi, 1993; Faccioli, 1998), che accomunano un elevato grado di precisione alla speditezza operativa. Si tratta di attrezzi particolarmente versatili, che consentono di effettuare misure di distanze, altezze inclinazioni, azimut, diametri ad 1,3 m e superiori delle chiome), registrando temporaneamente le serie di dati. I *forestry laser* possono essere eventualmente montati su cavalletto e collegati ad un computer portatile. Le versioni più recenti dello strumento presentano notevoli caratteristiche di maneggevolezza.

Particolarmente valido è poi anche l'impiego a fini topografici di questi strumenti, poichè consentono di effettuare rapidamente e con precisione delle poligonazioni. È proprio questa particolarità che rende lo strumento operativamente completo nel contesto di un inventario forestale. Si segnala inoltre la possibilità di implementare il *software* necessario a eseguire una poligonale a partire da un punto localizzato con GPS.

Il suo impiego consente infatti di individuare il punto di campionamento nelle condizioni operativamente più difficili per il GPS (elevata copertura, zone d'ombra dei satelliti connesse all'orografia, ecc.): a partire da un punto di coordinate note fissato col GPS, il LASER consente di proseguire, localizzando esattamente il punto di campionamento con una serie di battute di una poligonale aperta.

3.4 Attributi

3.4.1 Tipo di informazioni da raccogliere

Per quanto si proponga di ampliare il dominio inventariale anche ad ambiti che, sotto il profilo dei censimenti statistici tradizionali, non sono di stretta pertinenza forestale, l'oggetto principale della nuova indagine sarà comunque costituito dalle cenosi forestali.

Nel primo inventario forestale nazionale prevalse l'impostazione dendrometrica nella raccolta dei dati. Oggi, accanto alla dendrometria, occorre impiegare altri linguaggi per interpretare le varie sfaccettature dell'ambiente forestale. Occorre innanzitutto saper analizzare le foreste in senso globaie e secondo la complessità dei sistemi ecologici racchiusi in esse o che le comprendono. È sempre più pressante l'esigenza di conoscere e controllare i

valori materiali e immateriali del bosco, deputato a sostenere usi talvolta difficilmente compatibili con la sua conservazione.

In tal senso, come affermato nel primo paragrafo dei presente capitolo, è importante che l'IFN assuma la connotazione di inventario multirisorse. Oltre che alle risorse legnose in senso stretto (valore economico) l'indagine si deve perciò rivolgere anche ad altri aspetti dell'ambiente forestale: la biodiversità, la naturalità, la vita animale, la ricreazione, il paesaggio.

Nella definizione delle priorità informative, cioé nella selezione degli attributi da rilevare con la prossima indagine inventariale, si devono considerare tutte le più importanti iniziative nel settore forestale e ambientale, nonché i progetti e le realizzazioni a carattere inventariale attuati in Italia e, soprattutto, in Europa dalla Comunità Europea (vedi cap. 2).

3.4.2 Nomenclatura, caratteristiche e modalità di rilevamento degli attributi

In ambito inventariale, si definiscono 'attributi' quei caratteri relativi a un albero, un popolamento o una stazione, che possono essere descritti sotto il profilo quantitativo (attributi ad intervallo e assoluti) o qualitativo (attributi nominali o ordinali) (Köhl, 1995).

In funzione della modalità di acquisizione, gli attributi possono essere distinti in attributi rilevati direttamente e attributi derivati. Nel primo caso il dato (come per es. il diametro a petto d'uomo, l'altezza dendrometrica, la specie arborea, la copertura forestale) viene rilevato direttamente al suolo o mediante i supporti disponibili (basi cartografiche, supporti fotografici). Il rilievo può riguardare un singolo individuo arboreo o un gruppo di alberi individuato dall'unità di campionamento. Nel secondo gruppo sono invece contenute quelle informazioni (ad es. il volume) che richiedono una procedura di elaborazione, più o meno complessa, a partire dai dati rilevati (Tosi e Marchetti, 1998).

Di seguito si presenta un'ampia rassegna dei diversi attributi che possono essere rilevati negli inventari forestali, riportando per ognuno di questi alcune indicazioni fondamentali di tipo descrittivo e suggerendo le possibili modalità di rilevamento. Si tenterà inoltre di tracciare un quadro di sintesi sul significato dei diversi attributi e sull'opportunità del loro rilevamento.

La trattazione degli attributi segue un approccio modulare costante secondo il seguente schema:

a) la definizione dell'attributo;
b) le classi previste per le informazioni di tipo qualitativo (attributi nominali o ordinali), mentre per quelli di tipo quantitativo (discreti o continui) vengono date solo alcune indicazioni su eventuali soglie di rilevamento;
c) la fonte o provenienza dell'informazione;
d) l'unità di campionamento;
e) le modalità di rilevamento;
f) le finalità che giustificano il rilevamento dell'attributo ed eventuali collegamenti con altri attributi (se ritenuti importanti),

Al fine di orientare la lettura di questa rassegna, sono stati distinti i seguenti raggruppamenti o aree tematiche, che ricalcano, pur modificandoli, quelli impiegati dallo studio EFICS (Köhl e Päivinen, 1997):

A) ambito amministrativo, geografico, ecologico
B) stazione
C) attributi dendrometrici
D) struttura della fitocenosi
E) stato fitosanitario dell'ecosistema forestale
F) accessibilità ed utilizzazioni legnose
G) descrizione dell'ecosistema forestale
H) risorse non legnose e altre funzioni

In relazione all'opportunità di inserire i diversi attributi nel protocollo di rilevamento del nuovo inventario, vengono evidenziate le tre seguenti classi:

1. **attributi prioritari**, il cui inserimento si ritiene fondamentale;
2. **attributi utili**, ai quali viene assegnata una valenza leggermente inferiore, pur considerando importante il loro inserimento nel protocollo inventariale;
3. **attributi secondari**, qui segnalati per completezza d'informazione, ricorrendo in altre esperienze inventariali, la raccolta dei quali si ritiene poco importante o poco pertinente con la realtà nazionale.

Per gli attributi meno importanti, collocati in quest'ultima classe (3), si omette la descrizione secondo lo schema modulare.

Un elenco sintetico degli attributi, con l'indicazione delle priorità di inclusione nella struttura inventariale, è riportato in tabella 3.1 I.

A) AMBITO AMMINISTRATIVO, GEOGRAFICO, ECOLOGICO

Questo raggruppamento comprende una serie di attributi molto diversificati tra loro che hanno in comune la funzione di caratterizzare le unità di campionamento in relazione ai contesti territoriali in cui ricadono.

Si segnala l'importanza, ai fini inventariali (vedi il prospetto sotto riportato) di indicare la **regione amministrativa**, che potrebbe permettere la disaggregazione dei dati a un livello locale compatibile con i disegni inventariali proposti, l'**uso del suolo**, che è alla base della definizione del dominio inventariale, e la **proprietà**, carattere particolarmente significativo per l'interpretazione dei dati ai fini della politica forestale.

ATTRIBUTI	PRIORITÀ
Regione	1
Land use	1
Proprietà	1
Ecoregione	2
Provincia	3
Comune	3
Comunità Montana	3
Bacino idrografico	3
Area intercomunale	3

Per la descrizione dettagliata degli attributi più significativi (priorità 1 e 2), si rimanda alla tabella 3.3.

B) STAZIONE

Si tratta di un'area tematica classica dei rilevamenti forestali che consente di delineare le condizioni ecologiche in cui vegetano i popolamenti campionati e che può fornire indicazioni sulle potenzialità degli stessi nello svolgimento delle funzioni proprie della foresta. Tutti gli attributi di questo raggruppamento sono da considerarsi prioritari o almeno utili (vedi prospetto). In particolare, i dati di **altitudine**, **esposizione** e **pendenza** sono riportati in quasi tutti gli inventari forestali europei e in tutti quelli regionali italiani.

Merita un commento specifico l'attributo derivato "suolo", che è di solito di tipo descrittivo e comprende indicazioni su parametri molto diversi: humus, tessitura, struttura, umidità, substrato pedogenetico, profondità, presenza di fenomeni erosivi. Questi possono essere semplicemente osservati, oppure rilevati mediante rilievo pedologico. Dalla sintesi di questi parametri si possono poi ottenere alcuni attributi derivati, come lo stadio evolutivo, la fertilità, la suscettività all'erosione. Negli inventari forestali europei si osserva una notevole eterogeneità, sia nella scelta dei parametri, sia nel tipo di classificazione adottata. Per

quanto riguarda quelli regionali italiani, soltanto in Liguria è stato previsto un rilievo pedologico con estrazione di campioni (carote),

ATTRIBUTI	PRIORITÀ
Altitudine	1
Esposizione	1
Pendenza	1
Giacitura/Morfologia	2
Suolo	2
Accidentalità	2

Per la descrizione dettagliata degli attributi più significativi (priorità 1 e 2), si rimanda alla tabella 3.4.

C) ATTRIBUTI DENDROMETRICI

Il rilievo degli attributi di tipo dendrometrico costituisce il cuore di un inventario forestale. Si tratta per la maggior parte di caratteri di tipo quantitativo, direttamente misurabili nelle aree di saggio convenzionali o derivabili impiegando note formulazioni. Tali attributi sono essenziali per la definizione delia funzione di produzione legnosa dei bosco, ma sono utili anche a caratterizzare le formazioni forestali sotto il profilo ecologico e funzionale.

ATTRIBUTI	PRIORITÀ
Diametro a 1,3 m	1
Altezza dendrometrica	1
Qualità del fusto	1
Area basimetrica	1
Volume	1
Incremento	1
Età dei soprassuolo	1
Caratteri della chioma	2
Site index[4]	3
Altezza dominante[5]	3
Diametri superiori dei fusto[6]	3
Corteccia[7]	3

Per la descrizione dettagliata degli attributi più significativi (priorità 1 e 2), si rimanda alla tabella 3.5.

D) STRUTTURA DELLA FITOCENOSI

Sotto la voce “struttura della fitocenosi” vengono raggruppati quegli attributi che definiscono il popolamento forestale sotto il profilo fisionomico, fornendo talvolta indicazioni sulle dinamiche in corso. Come emerge dal prospetto relativo, i numerosi attributi ritenuti significativi, la cui descrizione è riportata in tabella 3.6, sono in gran parte di tipo qualitativo e risultano importanti in relazione a molteplici funzioni del bosco, con particolare riguardo però a quella ecologica. Fra questi ne spiccano alcuni, quali la **tipologia forestale**, la

4. Attributo inserito in qualche caso in Europa, con approcci metodologici differenziati, per la descrizione della produttività stazionale; non si ritiene determinante ai fini nazionali.
5. Il rilievo dell’altezza dominante è quasi sempre effettuato, nelle realizzazioni inventariali, per la stima dei site index.
6. Il rilievo di uno o piú diametri posizionati ad altezza superiore di 1,3 m è associato al sistema di cubatura (tavole o funzioni di cubatura a tre entrate); l’attributo è ritenuto non necessario per il nuovo IFN nell’ipotesi di reimpiegare le “vecchie”, ma tuttora valide, tavole di IFN ’85.
7. Quasi tutti gli inventari europei forniscono stime della massa legnosa sopra corteccia; sporadicamente è data anche la stima sotto corteccia; nel precedente IFN ’85 l’attributo non è stato rilevato e si ritiene superfluo il suo inserimento nel prossimo inventario.

copertura e la **composizione del soprassuolo**, la cui importanza per gli inventari forestali è stata riconosciuta da lungo tempo.

Un attributo, la **struttura** propriamente detta, in passato scarsamente rilevato, è da ritenersi oggi di particolare rilevanza per la valutazione delle funzioni ecologica e protettiva del bosco. La struttura può essere rilevata con stime a vista oppure, in modo più complesso, come rappresentazione in spaccato verticale dello spazio occupato dall'intera vegetazione[8] da quella arborea a quella erbacea.

ATTRIBUTI	PRIORITÀ
Tipologia forestale	1
Copertura	1
Composizione del soprassuolo	1
Struttura	1
Rinnovazione	1
Forma di governo e trattamento	1
Cure colturali/ Sesto d'impianto	1
Posizione sociale	2
Origine dei popolamento	2
Margine dei bosco/ Radure	2
Distribuzione spaziale degli alberi	2
Censimento flora/ Rilievo fitosociologico[9]	3
Pattern spaziale arbusti[10]	

Per la descrizione dettagliata degli attributi più significativi (priorità 1 e 2), si rimanda alla tabella 3.6.

E) STATO FITOSANITARIO DELL'ECOSISTEMA FORESTALE

Il rilevamento dello stato fitosanitario dei soprassuoli forestali è solitamente oggetto di indagini specifiche che impiegano procedure standard codificate nel corso degli ultimi anni (vedi par. 2.4.1). L'analisi dell'entità dei fenomeni di deperimento e delle relative cause avviene attraverso l'impiego di numerosi attributi. Alcuni di questi, giudicati non prioritari ai fini dei prossimo IFN e rilevati in progetti di monitoraggio specifici, vengono riportati nello specchietto alla pagina seguente.

Negli inventari forestali lo stato dei soprassuolo può essere invece valutato annotando in maniera speditiva la presenza di particolari danni o fenomeni di degrado (tabella 3.7).

Analogamente a quanto accade per lo stato fitosanitario, il rilevamento dell'estensione e della localizzazione delle superfici interessate da incendi boschivi non rientra negli obiettivi prioritari di un inventario forestale nazionale. Nel corso dei rilievi al suolo, l'osservazione dell'attributo generico "danni al soprassuolo" consente comunque di segnalare la presenza di danni da incendio nel punto di campionamento.

8. Nella distribuzione spaziale di una cenosi può essere evidenziata la **tessitura** (differenza di copertura delle specie) e l'**intensità** (diverso grado di abbondanza delle specie all'interno delle unità elementari che determinano la tessitura); questo indice esprime lo spazio volumico occupato dalle singole specie o gruppi (McClure, 1979).
9. Il censimento della flora erbacea, arbustiva e arborea, condotto secondo un rigoroso approccio fitosociologico, esula solitamente dalle finalità di un inventario forestale. La sua applicazione in campo inventariale è piuttosto rara: soltanto l'inventario della Liguria, ad es., lo prevede. Nel protocollo di rilevamento si può eventualmente prevedere di procedere ad una valutazione di sintesi relativa agli strati erbaceo e arbustivo per valutare la coerenza tra la vegetazione presente (reale) e quella potenziale.
10. La struttura degli arbusteti e l'analisi dei *pattern* consiste in un rilievo accurato dello spazio occupato dagli arbusti e da altra vegetazione inferiore. Un rilievo apposito di questo tipo è stato condotto, mediante transect, nell'inventario-carta della Liguria (MAF, 1993). In pratica questa informazione viene già fornita dal profilo verticale.

ATTRIBUTI	PRIORITÀ
Danni al soprassuolo/ Stato vegetativo	1
Degrado della stazione	2
Bilancio dei nutrienti	3
Bioindicatori	3
Incendi	3
Defogliazione/ Decolorazione degli alberi	3

Per la descrizione dettagliata degli attributi più significativi (priorità 1 e 2), si rimanda alla tabella 3.7.

F) ACCESSIBILITÀ ED UTILIZZAZIONI LEGNOSE

Gli attributi di questo raggruppamento si riferiscono alla produzione legnosa, sia in termini potenziali che reali.

L'accessibilità, che condiziona i costi di utilizzazione ed esbosco, è un attributo importante per la valutazione delle potenzialità produttive dei soprassuoli in termini di valore dei prodotti. L'informazione relativa alle masse legnose e alle superfici interessate dalle utilizzazioni è indicativa invece dell'interesse dei proprietari per la produzione legnosa e delle relative possibilità reali di sfruttamento (attributo "Prelievo, superficie utilizzata").

ATTRIBUTI	PRIORITÀ
Accessibilità, viabilità, sistema di esbosco	1
Prelievo, superficie utilizzata	1

Per la descrizione dettagliata degli attributi elencati nello specchietto sopra riportato si rimanda alla tabella 3.8.

11. Il bilancio dei nutrienti può riguardare il suolo o gli elementi fogliari della vegetazione. Per il **bilancio dei nutrienti del suolo** si può applicare il modello di Susmel (1988):

$$B = M+C+Ip+A-Id-U$$

dove: B = bilancio, M= mineralomassa iniziale, C= entrate dalle rocce, Ip = entrate dalle precipitazioni, A= assunzione vegetale, Id = uscite per trasporto idrologico, U = asportazione per utilizzazione antropica.
Talvolta vengono impiegati indicatori per mettere in evidenza sbilanci nei nutrienti del suolo, che comportano l'esecuzione di analisi dei suolo (determinazione di pH, N totale, P totale estraibile, capacità di scambio cationica, C totale, saturazione % delle basi, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Na e Al scambiabili.
Indicatori sui nutrienti fogliari (Riitters et al., 1992) sono utilizzati per identificare sbilanci nelle concentrazioni di nutrienti arborei. Gli stress ambientali infatti riducono o alterano i rapporti tra le sostanze assorbite ed elaborate a livello fogliare. Vari sono i metodi impiegati per la raccolta di campioni fogliari, ma tutti costosi; è inoltre difficile controllare le numerose sorgenti di variazione del fenomeno. Anche in questo caso è necessario ricorrere ad un minimo di analisi di laboratorio per determinare le concentrazioni di N, P, K, Ca e Mg per unità di peso secco; inoltre si dovrebbe stimare il peso specifico fogliare (peso secco per unità di area fogliare) e le concentrazioni di S, Fe, Mn, Zn, Cu, Na, B, e Al. Un'interpretazione completa della dinamica dei nutrienti richiede l'esecuzione di un campionamento durante vari stadi fenologici per più anni e corrispondenti misure chimiche del suolo. Si tratta pertanto di rilievi complessi, poco adatti per l'IFN. L'unico caso di applicazione ad una realizzazione inventariale è quella relativa alla classificazione dell'acidità del suolo in Svizzera.
12. Si parla di **bioindicatori** in riferimento a indicatori biologici (vegetali - muschi e licheni soprattutto) in grado di sostituire *in situ* costose attrezzature per il monitoraggio del grado di inquinamento atmosferico, idrico e del terreno determinato da emissioni. L'unico caso noto di applicazione al settore inventariale è ancora quello della Svizzera, dove su un sottocampione delle aree di saggio al suolo sono raccolte delle informazioni relative ai licheni epifiti. Il metodo calibrato colà applicato degli indicatori lichenici dà un indice IAP (*Index of Atmospheric Purity*) delle immissioni di SO_2 NO_x e O_3 ricavato da osservazioni su porzioni della superficie del fusto arboreo individuate da griglie a reticolo (rilievo di frequenze di specie, copertura, vitalità, danno (Herzig e Urech, 1991).
In Italia il rilievo dei licheni, pur se ridotto a valutazioni sintetiche di presenza/assenza di specie e poco altro, richiede in ogni caso rilevatori dotati di una certa professionalità e di un opportuno grado di addestramento. L'estrema differenziazione tipologica delle cenosi nazionali rende inoltre alquanto complicata la definizione degli indicatori da impiegare, per l'analisi dei quali è richiesto uno specifico studio preliminare. Occorre poi considerare il problema del "rumore" arrecato dai fattori di disturbo ambientali.

G) DESCRIZIONE DELL'ECOSISTEMA FORESTALE

Si tratta di un insieme di attributi utili a definire il valore dei soprassuoli sotto il profilo ecologico-naturalistico e paesaggistico. Le informazioni ad essi relative integrano quelle fornite dall'osservazione di altri attributi, in particolare di quelli relativi alla struttura delle fitocenosi, rendendo esplicite quelle funzioni dei bosco fino ad oggi poco considerate dai protocolli inventariali tradizionali.

Alcuni degli attributi sotto elencati vengono considerati prioritari (punteggio 1) in conseguenza dell'importanza oggi assunta da aspetti quali la biodiversità e il ruolo degli ecosistemi forestali nel ciclo dei carbonio.

ATTRIBUTI	PRIORITÀ
Biomassa	1
Necromassa	1
Carbonio totale fissato	1
Modelli di combustibile	2
Ricchezza biologica	1
Diversità dei paesaggio	2
Specie rare	2
Provenienza del materiale genetico	2
Naturalità	2
Alberi fuori foresta	2
Presenza di acque superficiali e loro qualità	3

Per la descrizione dettagliata degli attributi più significativi (priorità 1 e 2), si rimanda alla tabella 3.9.

H) RISORSE NON LEGNOSE E ALTRI SERVIGI

Questo raggruppamento comprende gli attributi (vedi prospetto) finalizzati a descrivere e quantificare in maniera diretta e sintetica lo svolgimento da parte della foresta delle sue molteplici funzioni. Ne sono esclusi gli attributi relativi alla produzione legnosa, già diffusamente trattata dalle precedenti aree tematiche.

L'analisi dei molteplici valori del bosco, essenziale per una gestione sostenibile delle risorse forestali, non si esaurisce ovviamente con il rilievo di questa limitata serie di caratteri, ma richiede anche l'esame di molti degli attributi già visti in precedenza.

ATTRIBUTI	PRIORITÀ
Stato di tutela	1
Prodotti non legnosi	2
Valore turistico/ricreativo	2
Valore degli habitat faunistici	2
Capacità regimante e antierosiva	2
Caccia, pascolo in bosco	3
Tracce di fauna	3

Per la descrizione dettagliata degli attributi più significativi (priorità 1 e 2), si rimanda alla tabella 3.10.

13. Questi attributi presentano difficoltà di rilevamento, dato il forte carattere stagionale delle pratiche in questione. Tutt'al più, assumendo l'informazione da dati ausiliari o tramite interviste, può essere indicato semplicemente in forma binaria la presenza/assenza dell'esercizio della caccia e del pascolo.
14. Il riconoscimento delle tracce di fauna richiede l'intervento di specialisti.

L'elenco di tutti gli attributi considerati nel presente studio e l'indicazione delle relative priorità di rilievo sono riportati nella tabella 3.11.

La colonna corrispondente alla priorità 1 individua il complesso di attributi il cui rilievo è ritenuto essenziale per il prossimo IFN. Con la colonna relativa alla priorità 2 si evidenziano invece gli attributi utili a completare il contenuto informativo di un inventario forestale alla luce delle attuali esigenze conoscitive. Il punteggio 3 è stato assegnato a quegli attributi ritenuti non essenziali a definire i caratteri delle aree forestali oppure a quelli che richiedono rilievi specifici non proponibili in un inventario forestale nazionale.

3.4.3 Commenti e definizioni per la tipologia dell'inventario

In vari momenti è stata sottolineata l'importanza che l'oggetto di studio dell'inventario fosse circoscritto in maniera sufficientemente chiara e "compatibile" con altri sistemi di definizione o classificazione. I due livelli fondamentali della tipologia nell'ambito dello studio di fattibilità sono essenzialmente gli usi del suolo (con la suddivisione dei vari tipi di aree forestali) e la tipologia di specie o gruppi di specie. Il primo livello viene incontro anche all'esigenza di conoscere le categorie di uso del suolo forestale soprattutto in termini di superficie e di osservarne i cambiamenti nel tempo, nell'ottica di una migliore conoscenza dei fenomeni legati all'aumento o alla riduzione delle aree forestali rispetto ad altri usi del suolo.

Nel primo caso il motore ispiratore è stata la classificazione dei boschi come prevista da FRA2000 nella versione Kotka 3. Il secondo caso è più difficile, poiché emerge che l'argomento non èmai stato veramente oggetto di un confronto a livello internazionale. La base comune con un sistema sufficientemente condiviso e scientificamente fondato, anche a livello internazionale, è verosimilmente la classificazione di CORINE Biotopes (European Community Commission, 1991). L'accettazione delle definizioni CORINE nella tipologia inventariale non è tuttavia automatica come nel caso di FRA2000, fra gli altri motivi perché si tratta di una classificazione non creata a scopi di inventario forestale.

In termini generali un buon sistema di classificazione deve possedere fra le altre caratteristiche (vedi ad es., Preto 1995, Preto 1997):

1. **stabilità**: capacità di conservare inalterata la struttura essenziale qualora si dovessero acquisire nuove informazioni o dati aggiuntivi su singoli elementi;
2. **consistenza**: possibilità di adattarsi a modifiche parziali di singoli elementi senza implicare radicali mutamenti nella struttura classificatoria;
3. **compatibilità**: capacità di integrazione a concetti e classificazioni attualmente impiegati su scala internazionale e generalmente accettati per indagini condotte in aree o ambienti diversi;
4. **significato ecologico**: capacità di fornire informazioni su unità fondate ecologicamente, cioè con specifiche interazioni strutturali e funzionali al loro interno; ad ognuna di esse sono associabili fenomeni o parametri di tipo ecologico (ad es., flussi energetici e nutrizionali, parametri evolutivi, risposta a pratiche antropiche, inserimento nel paesaggio ecc.).

A queste caratteristiche generali si aggiunge il fatto che una tipologia inventariale nazionale deve essere in grado di fornire informazioni sulle specie forestali di maggiore rilevanza economica. Obiettivo di questa parte dello studio è stato di verificare che la tipologia proposta dall'ISAFA (di seguito chiamata tipologia IFN) soddisfacesse a queste condizioni minime.

3.4.3.1 Criteri generali della classificazione e tipologia IFN

La tipologia proposta dall'ISAFA individua tre livelli gerarchici principali per la classificazione della superficie nazionale di interesse inventariale (figura 3.1). I primi due si riferiscono agli usi del suolo (più generali e di dettaglio), mentre il terzo ai tipi di vegetazione

forestale. Questi due tipi di informazione vengono ritenuti importanti per un inventario forestale, come hanno dimostrato numerosi studi in merito (vedi cap. 2). I livelli II e III prevedono sotto- o sopra-livelli di approfondimento. Il sistema di classificazione prevede una codifica che assegna ai livelli più importanti un numero che permette di individuare velocemente le caratteristiche delle classi. Un punto nel codice segnala il passaggio di livello dagli usi dei suolo al tipo di vegetazione.

3.4.3.2 Livelli I e II: classi di uso dei suolo e di dettaglio

Il primo livello della tipologia inventariale suddivide le aree forestali, i pascoli e praterie, le aree agricole da aree prive di interesse per l'inventario forestale. Il secondo livello rappresenta una suddivisione di dettaglio degli usi dei suolo forestale. Come si è detto, le varie classi derivano, con piccole modifiche che non alterano la stabilità e consistenza del sistema, da quelle previste da FRA2000.

10 Aree temporaneamente prive di soprassuolo
Sono aree che per motivi vari (incendio, utilizzazione o altro) risultano transitoriamente prive di soprassuolo arboreo e si ipotizza che a breve termine possano ricoprirsi di vegetazione secondo i requisiti delle aree classificate come bosco.

11 Boschi
Aree con copertura arborea maggiore dei 10%, un'estensione minima di 0,5 ha e larghezza superiore a 20 m. Per alberi si intendono specie che a maturità ed in situ possono raggiungere almeno 5 m di altezza. Possono essere di tipo naturale e seminaturale, oppure impianti specializzati a produzioni non legnose (castagne, sughero) o rimboschimenti ancora privi dell'aspetto seminaturale (vegetazione erbacea e arbustiva del sottobosco povera, mancanza di rinnovazione).

12 Altre terre boscate
Aree con copertura arborea compresa fra 5-10%, oppure con copertura arbustiva superiore al 10%, un'estensione minima di 0,5 ha e larghezza superiore a 20 m. Per arbusti si intendono specie perenni che raggiungono altezze comprese fra 0,5 e 5 m. Possono per questo essere considerati come boschi radi o arbusteti.

23 Pascoli e praterie con alberi fuori foresta
Aree con copertura arborea superiore a 5%, un'estensione inferiore, a 0,5 ha e larghezza inferiore a 20 m, attribuibili ai pascoli.

33 Aree agricole con alberi fuori foresta
Aree definite come in 23 ma appartenenti al territorio agricolo.

34 Arboricoltura da legno
Aree arborate del territorio agricolo con superficie superiore a 0,5 ha e 5% di copertura, e più larghe di 20 m, destinate alla produzione legnosa, di origine artificiale (piantagione), gestite in maniera intensiva (generalmente prive di sottobosco erbaceo-arbustivo naturale o seminaturale).

3.4.3.3 Livelli I e II: un'ipotesi alternativa

In alternativa all'impostazione descritta nel precedente paragrafo potrebbe essere proposto un diverso criterio di distinzione tipologica di primo e secondo livello che, pur se non completamente aderente ai criteri di ripartizione FRA 2000, ne contiene determinate "esasperazioni" e tiene in maggior conto alcune esigenze di riduzione dei costi di rilievo.

I criteri di FRA 2000 appaiono infatti decisamente dilatatori del dominio inventariale laddove implicano la considerazione delle alberature in terreno agricolo e su pascolo o prateria (cat. 23 e 24) e anche ove includono tra le altre terre boscate superfici più estese di 0.5 ha con copertura arborea compresa tra i 15 e i 110% (cat. 12).

L'intento di FRA2000 è chiaramente quello di allargare l'informazione inventariale alla considerazione di superfici non forestali ma comunque interessate dalla presenza di soggetti arborei isolati o in filari per giungere ad una valutazione della presenza di produzioni (o comunque di biomasse) legnose estranee al contesto forestale vero e proprio. Per molti aspetti può apparire innanzitutto incongruente non considerare allora in questo ambito

anche le consistenti biomasse legnose concentrate ad esempio nei frutteti, negli agrumeti e soprattutto negli oliveti, oppure il rilevante sviluppo di alberature stradali. Sotto un altro profilo occorre anche considerare che, probabilmente, la gran parte del territorio agricolo è di fatto caratterizzata dalla presenza di alberature "accessorie" in misura più o meno rilevante. Una semplice stima delle superfici interessate da tale presenza non appare dato di grande rilevanza in sè, mentre una valutazione quantitativa più concreta comporterebbe un notevole appesantimento dei rilievi al suolo e presumibilmente la necessità di sviluppare tecniche di campionamento e modelli biometrici di stima dedicati. Tali valutazioni apparirebbero peraltro di pertinenza di un processo di inventariazione di contesto agricolo più che forestale.

In ogni caso anche la semplice considerazione di tali situazioni ai soli fini di una stima delle superfici coinvolte, comporta conseguenze notevoli soprattutto a livello del primo e del terzo disegno di campionamento che verranno illustrati nel capitolo 5. Nel primo caso infatti, occorre sottolineare che il riconoscimento delle superfici di interesse inventariale avviene esclusivamente al suolo e quindi la considerazione delle "superfici con alberi fuori foresta" comporterà la necessità di ampliare notevolmente il lavoro di campagna. Nel secondo caso (terzo disegno) occorrerebbe ridurre di molto l'intensificazione della disposizione dei grappoli nelle aree a maggiore tasso di forestazione, in ciò limitando l'efficienza del disegno, aspetto che ne contraddistingue la notevole razionalità.

Occorre quindi chiedersi se, alla luce di queste considerazioni, il disallineamento dalle prescrizioni FRA2000 nel senso di non considerare nel dominio inventariale le superfici con alberi fuori foresta sia opportunità da valutare concretamente, magari ipotizzando una rilevazione extrainventariale dedicata.

In tal caso sembrerebbe peraltro comunque necessario mantenere nell'ambito del dominio IFN superfici che FRA2000 ascrive all'arborato extraforestale in quanto, pur se dotate di soprassuolo arboreo spontaneo continuo, non raggiungono l'estensione minima di 0,5 ha per rientrare nella categoria dei boschi (10). Tali aree, identificabili sommariamente col termine "boschetti", dovrebbero comunque essere caratterizzate da una soglia minima di estensione sotto la quale non si ritengono identificabili come tali; anche per salvaguardare opportune corrispondenze con gli standard tipologici IFN'85 si ritiene che tale soglia dovrebbe essere posta a 0,2 ha. Tali situazioni andrebbero ascritte alle "altre terre boscate" (12), assieme agli arbusteti, dal momento che appare poco razionale mantenere la categoria dell'arborato extraforestale soltanto per ascrivervi tale casistica.

Proseguendo in una ipotesi di razionalizzazione degli standard FRA2000 si potrebbe anche procedere ad una modifica più formale che sostanziale non facendo assumere alle "superfici temporaneamente prive di soprassuolo" (10) la dignità di categoria a sè stante, ma includendole come modalità particolare nella classe "boschi" (11).

Riassumendo e circostanziando le definizioni, la ripartizione tipologica di secondo livello dovrebbe assumere, in questa ipotesi, la veste che segue (cfr. figura 3.2).

Categorie d'uso forestale
(ripartizione tipologica di secondo livello delle "aree forestali", ipotesi alternativa):

10 Boschi

Superfici interessate dalla presenza di alberi che con la loro chioma determinano una copertura del suolo almeno pari al 10% e che investono estensioni di almeno 0,5 ha, aventi anche larghezza minima superiore a 20 m qualora risultino prevalentemente sviluppate secondo una sola direzione e cioè evidenzino un rapporto lunghezza/larghezza > 2.

Sono compresi in questa categoria:

- i popolamenti specializzati a produzione primaria non legnosa (come castagne, altri frutti eduli, sughero, manna);
- gli imboschimenti (o "rimboschimenti") identificabili quali piantagioni di specie arboree non aventi le finalità di cui alla successiva categoria 12, purché prive di rinnovazione e/o adeguato sviluppo di vegetazione di sottobosco che ne faccia presumere una evoluzione secondaria all'intervento costitutivo;

– le aree boschive temporaneamente prive di soprassuolo le quali risultano tali solo per cause evidentemente transitorie (utilizzazione, incendio, altre calamità) e sempre nell'eventualità che superino le soglie dimensionali minime citate in precedenza e che non evidenzino una copertura di soggetti arborei superstiti o rilasciati superiore al 10% e cioè tale da farle rientrare comunque tra i boschi al di là della loro condizione di aree temporaneamente prive di soprassuolo.

11 Altre terre boscate

– "Boschetti" e cioè superfici dotate di soprassuolo arboreo continuo ma non rispondenti alle soglie dimensionali minime richieste per rientrare nella categoria precedente e comunque estese per almeno 0,2 ha;
– arbusteti e cespuglieti e cioè superfici interessate dalla presenza di arbusti o di cespugli che determinano una copertura del suolo almeno pari al 10% e che superano le soglie dimensionali minime di cui sopra; in presenza di copertura arborea questa non deve superare il 10%; nel caso, superfici di questo tipo, anche se caratterizzate da una prevalente presenza di arbusti o cespugli, vanno assegnate alla categoria 10. Qualora si tratti di aree arbustate non superanti le soglie dimensionali minime, agli effetti inventariali queste ultime non vanno considerate tra le aree forestali.

12 Coltivazioni arboree da legno

Estensioni superanti le soglie dimensionali minime e chiaramente ascrivibili a interventi di arboricoltura da legno e cioè costituite e gestite con finalità di coltivazione forestale a carattere intensivo, frequentemente in contesto agricolo. In assenza di soprassuolo a seguito di utilizzazione o calamità, agli effetti inventariali, tali superfici non vanno considerate tra le aree forestali. Analogamente si procederà in presenza di aree di questo tipo che non superino le dimensioni minime per avere rilevanza inventariale. In questa categoria rientrano i pioppeti e le altre coltivazioni arboree intensive, mentre rimangono esclusi (in quanto rientranti nella categoria 10) gli imboschimenti ("rimboschimenti") con finalità di forestazione a carattere estensivo.

Sempre nell'ottica di riconfigurazione e adattamento della tipologia FRA2000 propria della seconda parte di questo paragrafo, apparirebbe opportuno ritoccare anche il primo livello di ripartizione tipologica nel senso evidenziato ancora una volta dalla figura 3.2.

L'intento è in questo caso quello di pervenire con l'inventario alla stima di superfici di tipi che pur non rientrando nelle aree forestali in senso stretto (le sole che in questa ipotesi vengono sottoposte ad un secondo e ad un terzo livello di classificazione) appaiono comunque rilevanti sotto il profilo inventariale, almeno per quanto riguarda la stima della loro estensione.

In questa ottica, il territorio nazionale, visto ai fini inventariali, sarebbe suddiviso in aree aventi interesse inventariale e in altre aree (classe d'uso del suolo 5). Le prime sarebbero a loro volta suddivise in aree forestali (classe d'uso del suolo 1) in senso stretto (che vanno a costituire la superficie forestale nazionale) e in:

2 Aree di pertinenza o servizio forestale

Superfici che assumono tale connotazione se appartengono alla casistica di seguito elencata ma solo se riscontrate nell'ambito di aree forestali (appaiono cioè incluse in quanto confinanti con aree forestali per almeno 2/3 del loro perimetro) e solo qualora superino le soglie dimensionali minime (con particolare riguardo a quella di larghezza):
– radure, incolti, coltivi abbandonati
– piste da sci, viali parafuoco, percorsi di valanga o frana, tracce di impianti – vivai forestali, piazzali d'imposto, aie carbonili
– torbiere e zone umide

3 Pascoli e praterie

– Pascoli: aree interessate da copertura erbacea e destinate ad attività di pascolamento estensivo, normalmente con carattere stagionale, eventualmente con copertura arborea o arbustiva non superiore al 10% e solo qualora superino le soglie dimensionali minime più volte citate in precedenza. Non sono comprese in tale categoria (ma vanno assegnate alle superfici di cui alla classe 5) i pascoli intensivi permanenti a carattere intensivo e i prati falciati di qualsiasi tipo.

– Praterie: aree a copertura erbacea prive di destinazione a pascolo, normalmente di alta quota, eventualmente anche se interessate dall'utilizzo invernale per la pratica dello sci.

4 Verde urbano

Aree pubbliche o private, destinate a parco o giardino, normalmente in contesto urbano o di pertinenza di infrastrutture, interessate dalla presenza di alberi e/o cespugli e/o arbusti che diano luogo ad una copertura complessiva del suolo superiore al 10% e solo qualora superino le soglie dimensionali minime. Non sono comprese le superfici destinate a verde sportivo.

Per **altre aree** (5) (non aventi interesse inventariale) si intendono evidentemente tutte quelle non classificabili tra le classi d'uso del suolo 1, 2, 3, 4, eventualmente suddivise in tipi.

È opportuno sottolineare che le classi 2, 3, 4 rientrano nel processo inventariale ai soli fini di stima delle rispettive superfici e non vengono sottoposte ad alcun rilievo che necessiti dell'individuazione di aree di saggio.

È anche opportuno ricordare che per mantenere la regolarità delle stime di estensione della superficie forestale nazionale, qualsiasi tipo di classe d'uso del suolo diversa dalla 1 e in essa inclusa (confinante per almeno 2/3 del perimetro) non interrompe la continuità se non più estesa delle soglie dimensionali minime di rilevanza inventariale.

3.4.3.4 Livello III: tipo di vegetazione forestale

Il sistema CORINE Biotopes (da qui chiamato CB), concepito come data base ambientale all'interno del programma CORINE (di cui fa parte ad es., CORINE Land Cover), ha rappresentato un primo punto di convergenza su una classificazione di risorse naturali ritenute di maggiore importanza in ambito comunitario e per questo contiene alcune lacune per le aree non ritenute di interesse naturalistico. Il sistema è fondamentalmente su base fisionomica (presenza di specie o gruppi di specie dominanti), sebbene vi siano riportati anche i livelli più generali di sintassonomia fitosociologica. La fitosociologia viene utilizzata come strumento di aiuto per la classificazione. Attualmente è in corso una revisione dei sistema di classificazione che nel giro di qualche anno sarà destinato a tutti gli ambienti naturali e seminaturali comunitari, a prescindere dall'importanza in termini di conservazione. Per il presente studio il punto di riferimento rimane ancora la vecchia classificazione. Quella in via di perfezionamento, almeno per i livelli gerarchici più elevati, non dovrebbe tuttavia subire mutamenti tali da renderla incompatibile con la precedente.

Se l'impiego di una tipologia derivata da CB per IFN rappresenta un passo sostanziale verso la compatibilità fra sistemi di classificazione, non vi può essere una trasposizione diretta di definizioni di una nell'altra, per i motivi di cui si è detto sopra, legati principalmente alle finalità diverse delle due classificazioni. Nella tipologia IFN viene mantenuta per grandi linee la classificazione di CB del livello di differenziazione fra le grandi categorie di bosco (faggete, querceti ecc.), utilizzando come criterio di attribuzione le specie forestali prevalenti.

La possibilità che la tipologia IFN contemplasse tante classi quante sono le specie della flora italiana è stata scartata, contando quest'ultima circa 110 specie arboree e 120 arbustive, di cui circa settanta in grado di formare consorzi autonomi. Una seconda possibilità, peraltro non di rado scelta negli inventari forestali, poteva essere quella di considerare le specie forestali principali o più rappresentate e di relegare le altre in una classe generica a carattere residuo. L'approccio sottende due ordini di difficoltà: stabilire (a priori) quali siano le specie principali o più rappresentate e il significato ecologico da dare a classi di tipo residuale, dove confluiscono specie di qualsiasi tipo. Un'ulteriore possibilità consentiva di attenuare il deficit in "significato ecologico" della classificazione tramite l'adozione di una tipologia che raggruppasse le specie secondo gli "orizzonti" altitudinali (Preto 1997), ma non risolveva i problemi di compatibilità con la classificazione europea e introduceva regole

indefinite di appartenenza delle specie ai vari "orizzonti", peraltro di difficile interpretazione ecologica (limiti troppo ampi).

Una quarta possibilità, valutata con attenzione nello studio di fattibilità, prevedeva che la classificazione scaturisse dopo i rilievi inventariali, da un procedimento derivato da telerilevamento o da dati reperiti al suolo (ad esempio mediante una classificazione automatica dei dati vegetazionali disponibili); in questi due casi, teoricamente possibili e certamente oggettivi, rimangono indefinite fino al termine le unità da individuare e il loro significato (ecologico ed economico), con il rischio di diventare tecniche analitiche dei territorio un po' fini a se stesse e scarsamente compatibili con altre classificazioni.

Per vari ordini di problemi si è dunque preferito definire una tipologia innanzitutto compatibile con la tipologia CB, che si basasse sul principio di raggruppare specie con simile significato ecologico in classi e che utilizzasse un criterio di classificazione basato sulle presenze di copertura delle varie specie (arboree ed arbustive).

La corrispondenza fra le classi di CB e quelle della tipologia IFN è stata realizzata considerando le definizioni date dal manuale CB (European Communities – Commission, 1991) per chiarire il loro ruolo nel contesto nazionale italiano: alcune classi non presenti sul nostro territorio sono state tralasciate. In appendice sono riportate tabelle riassuntive di dettaglio di questo processo concettuale. Ad ogni classe della tipologia IFN è stata associata una o più specie.

Le classi arboree possono essere formate da specie di conifere o di latifoglie; per le classi arbustive, analogamente a CB, non è stata fatta questa distinzione. Di seguito vengono definite le varie classi, mentre le tabelle (tabelle 3.12, 3.13, 3.14, 3.15, 3.16, 3.17, 3.18) illustrano in maniera schematica la corrispondenza fra la classificazione CB e la classificazione proposta per IFN. Si può osservare che tutte le classi di IFN hanno una diretta derivazione da classi simili di CB, ciò che cambia sono i diversi livelli gerarchici: ad es., le formazioni igrofile e i boschi sempreverdi sono categorie di bosco separate dai boschi caducifogli per CB; non cambiano invece i modi di aggregazione delle varie classi.

11.1 Boschi di latifoglie

Si intendono latifoglie le specie arboree classificate botanicamente come *Angiospermae*.

11.11 Boschi di faggio

Specie: *Fagus sylvatica* L.

Il faggio è una delle specie forestali più importanti dal punto di vista economico e a maggiore diffusione a livello nazionale nel piano montano e montano-mediterraneo.

11.12 Boschi di castagno

Specie: Castanea sativa Milier

Boschi di castagno non specificamente finalizzati alla raccolta dei frutti (che in questi soprassuoli può avvenire in forma occasionale), spesso misti ad altre specie del piano collinare e montano e supra- e montano- mediterraneo. Il castagno è naturalizzato e potenzialmente si rinnova naturalmente.

11.13 Boschi di acero e frassino

Specie: *Acer neapolitanum* Ten., *Acer obtusatum* W. et K., *Acer opulifolium* Chaix, *Acer pseudoplatanus* L., *Acer platanoides*, *Acer lobelii* Ten., *Ulmus laevis* Pallas, *Ulmus glabra* Huds., *Ulmus canescens* Melville, *Fraxinus excelsior* L., *Tilia cordata* Milier, *Tilia platyphyllos* Scop., *Sorbus aria* (L.) Crantz., *Prunus avium* L., *Prunus padus* L., *Laburnum anagyroides* Med., L. *alpinum* Bercht. et Presi.

La classe deriva dal raggruppamento degli aceri-frassineti, formazioni non molto diffuse soprattutto prealpine e pedemontane, che in tempi recenti con l'abbandono delle colture stanno aumentando la loro superficie. Vi sono anche i boschi di forra, formazioni relitte di importanza naturalistica. Le specie che costituiscono il gruppo sono accomunate per il temperamento mesofilo ed hanno areale europeo. Ne fanno parte cosiddette "specie secondarie", dal punto di vista della frequenza, non certo dal punto di vista qualitativo del legno (alcune "latifoglie nobili") e della biodiversità.

11.14 Boschi di orniello-carpino nero

Specie: *Ostrya carpinifolia* Scop., *Fraxinus ornus* L., *Fraxinus oxycarpa* Wilid. (= *F. angustifolia* Vahl.), *Celtis australis* L., *Carpinus orientalis* Milier.

Sono specie termofile con areale S-Europeo, il cui raggruppamento in questa classe ricalca gli ornoostrieti, formazioni diffuse nel piano collinare, montano e meso-mediterraneo.

11.15 Boschi di querce e carpino bianco (acidofili)

Specie: *Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl., *Quercus robur* L., *Carpinus betulus* L.

Include i boschi a carattere planiziale e i querceti di rovere, generalmente su suoli acidi. Le specie hanno un areale Europeo. I querco-carpineti pianiziali sono ormai di carattere relitto e da taluni vengono indicati come indicatori di biodiversità per ambienti fortemente antropizzati. I querceti di rovere, pur non potendo considerarsi relitti, sono fortemente ridotti in superficie dalle attività agricole.

11.16 Boschi di querce termofile e boschi misti termofili

Specie: *Quercus pubescens* Willd., *Quercus cerris* L., *Quercus frainetto* Ten., *Quercus trojana* Webb., *Quercus dalechampii* Ten., *Quercus virgiliana* (Ten.) Ten., *Quercus pyrenaica* Willd., *Quercus macrolepis* Kotschy, *Quercus congesta* Presl., *Q. crenata* Lam., *Acer campestre* L., *Acer monspessulanum* L., *Sorbus domestica* L., *S. torminalis* (L.) Crantz, *Malus sylvestris* Milier, *Pyrus piraster* Burgsd., *Ulmus minor* Miller., *Cercis siliquastrum* L.

La classe raccoglie querce caducifoglie decidue e semidecidue con tendenza a crescere su suoli basifili o blandamente acidi, di areale prevalentemente SE-Mediterraneo e di temperamento decisamente termofilo. In aggiunta vi sono specie ad areale Mediterraneo o S-Europeo, di temperamento anch'esso termofilo, che si mescolano frequentemente con alcune delle querce che fanno parte della classe. È una classe ricca di specie forestali, quindi importante in termini di biodiversità.

11.17 Boschi di leccio e sughera

Specie: *Quercus ilex* L., *Quercus suber* L.

Non di rado queste formazioni sono arbustive (macchie più o meno basse) e in questo caso non ricadono fra i boschi. Sono escluse le sugherete gestite attivamente per la raccolta del sughero (categoria separata). La classe raccoglie specie tipicamente mediterranee, sempreverdi e sclerofilie, ma con tendenza, particolarmente il leccio, a spingersi in formazioni termofile di latifoglie decidue, talvolta come ecosistema di sostituzione (abbassamento livello di falda). Il comportamento ecologico di questo gruppo di specie è più euri-mediterraneo dell'olivo e del carrubo.

11.18 Boschi di olivastro e carrubo

Specie: *Olea europaea* L. *var. sylvestris*, *Ceratonia siliqua* L.

Molti di questi boschi sono classificati fra gli arbusteti quando le specie principali non assumono il carattere arboreo. Sono esclusi dai rilievi inventariali soprassuoli di origine e gestione chiaramente artificiale (in particolare oliveti). Sono inclusi gli oliveti inselvatichiti (non viene effettuata raccolta di olive, né lavorazione del suolo o pascolamento del sottobosco). La classe raccoglie le specie arboree più termofile e xerofile della flora italiana.

11.19 Formazioni igrofile

Specie: *Populus alba* L., *Populus nigra* L., *Populus canescens* (Aiton) Sm., *Salix alba* L., *S. pentandra* L., *S. fragilis* L., *S. triandra* L., *S. caprea* L., *S. daphnoides* Vili., *S. eleagnos* Scop., *Alnus glutinosa* (L.) Gaertner, *Alnus incana* (L.) Moench., *Platanus orientalis* L., *Tamarix spp*.

Le specie hanno in comune una tendenza ad occupare habitat con elevato contenuto idrico nel suolo, dei vari piani altitudinali. Da sottolineare che non tutte sono legate a corsi d'acqua (torrenti e fiumi): alcune sono legate a condizioni di ristagno o accumulo idrico o semplicemente a situazioni umide in senso lato. Per il significato ecologico vale in parte ciò che si è detto per i querceti pianiziali.

11.1A Altre formazioni minori

Specie: Betula pubescens Ehrh., *Betula pendula* Roth., *Betula aetnensis* Rat., *Populus tremula* L., *Sorbus aucuparia* L., *Alnus cordata* (Loisel.) Desf.

Specie in genere di tipo pioniero che solo di rado formano consorzi autonomi. La loro ecologia particolare le differenzia rispetto ai raggruppamenti precedenti.

11.1 B Boschi di specie naturalizzate

Specie: Robinia pseudoacacia L., *Eucalyptus* spp., *Quercus spp.*, *Juglans regia* L., *Populus spp.*, *Mespilus germanica* L., *Acacia spp.*, *Gleiditsia triacanthos* L., *Ailanthus altissima* Desf.

Sono i boschi di specie in grado di naturalizzarsi (rinnovarsi) con un sottobosco erbaceo-arbustivo costituito da specie indigene.

11.1 C Castagneti da frutto
Impianti per la produzione di castagne.

11.1 D Sugherete
Impianti per la produzione di sughero.

11.1 E Altro
Altri impianti specializzati a produzione non legnosa (es., produzione di manna).

11.2 Boschi di conifere

Si intendono conifere le specie arboree classificate botanicamente come *Gymnospermae*.

11.21 Boschi di larice e cembro
Specie: Larix decidua Miller, *Pinus cembra* L.
Rappresentano spesso la "corona del bosco" o, nel caso dei lariceti, una forma di ricolonizzazione del bosco nei prati o nei pascoli abbandonati. Notevole è anche la loro importanza economica. Ecologicamente le specie sono fra le più microterme della dendroflora italiana.

11.22 Boschi di abete rosso
Specie: Picea abies (L.) Karsten
Sono tra i boschi di maggiore importanza economica e diffusione sull'arco alpino.

11.23 Boschi di abete bianco
Specie: Abies alba Miller, *Abies nebrodensis* (Lojac.) Mattei
I boschi di abete bianco hanno un significato ecologico notevole (areale frammentato, specie spesso insidiata da specie a maggiore forza concorrenziale ecc.), e si ritiene che la diffusione attuale sia inferiore a quella di una volta. La specie è anche importante dal punto di vista economico. L'abete dei Nebrodi è ovviamente un caso limite di diffusione (in natura una ventina di individui in tutto).

11.24 Boschi di pini montani e oro-mediterranei
Specie: Pinus uncinata Miller, *Pinus sylvestris* L., *Pinus nigra* Arnold, *Pinus laricio* Poiret, *Pinus leucodermis* Antoine.
Le specie sono ecologicamente differenziate, ma accomunate dal fatto che vegetano prevalentemente nel piano montano o superiore. Casi particolari sono il pino silvestre che nelle vallate dei Nord Italia scende fino a quote basse e in collina o gli impianti artificiali di pino nero a quote basse. L'unica specie con ampio areale euro-siberiano è il pino silvestre, le altre specie hanno areali più frammentati e quasi relitti con baricentro sulle Alpi-Pirenei (pino uncinato e nero) o di tipo mediterraneo (pino laricio e loricato). Alcune di queste specie sono importanti economicamente (p. silvestre). Solo una distinzione per specie rende merito alle differenze ecologiche fra le varie specie, le quali d'altra parte hanno una diffusione non tanto elevata da giustificarne una classe per ognuna. Come altri pini (quelli mediterranei) possono essere impiegati nei rimboschimenti anche fuori dall'area di diffusione naturale: se il sottobosco erbaceo non è totalmente alterato, questi popolamenti vanno considerati boschi a tutti gli effetti (un buon indice è la presenza di rinnovazione).

11.25 Boschi di pini mediterranei e cipressete
Specie: Pinus halepensis Miller, *Pinus pinea* L., *Pinus pinaster* Aiton, *Cupressus sempervirens* L., *Taxus baccata* L.
Sono specie accomunate dalla diffusione nel piano termo e meso-mediterraneo. Cipresso e pino domestico pur presumibilmente non indigeni, sono specie naturalizzate. Sono elementi tipici del paesaggio forestale e agricolo mediterraneo e di una certa rilevanza economica, usati frequentemente nei rimboschimenti. Pur non ecologicamente affine e difficilmente in grado di dare origine a consorzi autonomi (con l'eccezione di alcuni rari casi dell'italia meridionale) è il tasso, cupressacea aggregata a questa classe. Vale lo stesso discorso fatto in precedenza sui boschi di origine artificiale.

11.26 Boschi di specie naturalizzate

Specie: Pinus brutia Ten., *Abies cephalonica* Link, *Abies spp.*, *Pseudotsuga menziesii* Franco, *Cedrus spp.*, *Pinus spp.*, *Cupressus spp.*.

Sono i boschi di specie in grado di naturalizzarsi (rinnovarsi) con un sottobosco erbaceo-arbustivo costituito da specie indigene.

11.27 Rimboschimenti di conifere

Rimboschimenti di conifere (boschi di origine artificiale in aree forestali).

12.3 Arbusteti

Per arbusti e cespugli si intendono le specie perenni generalmente di altezza compresa fra 0,5 e 5 m, spesso prive di un fusto o una chioma definita (definizione di FRA2000).

12.31 Arbusteti montano-subalpini di conifere

Specie: Pinus mugo Turra, *Juniperus nana* Willd

Ne fanno parte le mughete. Il significato ecologico è di consorzi pionieri, eventualmente di fasi di avanzamento dei bosco.

12.32 Arbusteti montano-subalpini di latifoglie

Specie: Salix spp., *Alnus vridis* (Chaix) DC., *Sorbus spp.*, *Betula spp.*,

Sono da interpretare anche questi come consorzi pionieri o associazioni di tipo durevole o stadi di degradazione di boschi preesistenti.

12.33 Arbusteti termofili

Specie: Juniperus communis L., *Corylus avellana* L., *Crataegus spp.*, *Prunus mahaleb* L., *Cercis siliquastrum* L., *Cotinus coggygria Scap.*, I*lex aquifolium* L., *Buxus sempervirens* L., *Rhamnus catharticus* L., *Frangula alnus Miller*, *Cornus mas* L., *Cornus sanguinea* L., *Styrax officinalis* L., *Paliurus spina-christi* Gaertner, *Lonicera spp.*, *Clematis spp.*, *Sambucus nigra* L., *Sambucus spp.*.

Ne fanno parte specie dei boschi dei piani basali, collinari, termo-, meso-, supra-mediterranei, spesso specie del mantello boschivo. Sono per lo più decidue, con qualche eccezione importante (agrifoglio, bosso). Sono talvolta interpretabili come fase di colonizzazione del bosco, ma anche come stadi di degradazione o durevoli.

12.34 Macchia alta

Specie: Juniperus oxycedrus L., *J. phoenicea* L., *J. sabina* L., *Quercus coccifera* L., *Q. ilex* L., *Laurus nobilis* L., *Olea europaea ssp. sylvestris* Hoffmgg. et Link, *Ceratonia siliqua* L., *Arbutus unedo* L., *Pistacia lentiscus* L., *P. terebinthus* L., *Rhamnus alatemus* L., *Erica arborea* L., *E. scoparia* L., *Phillyrea spp.*, *Nerium oleander* L., *Vitex agnus-castus* L.

La macchia alta (matorral, macchia in senso stretto) dovrebbe essere formata da specie in grado di raggiungere qualche metro di altezza, ad es., il lentisco o il corbezzolo. Sono stadi di ricolonizzazione, degradazione o durevoli. Tipici della regione mediterranea.

12.35 Macchia bassa

Specie: Cistus spp., *Rosmarinus spp., …*

La macchia bassa è costituita da specie che non superano approssimativamente il metro di altezza, ad es., i cisti e il rosmarino. Sono stadi di ricolonizzazione, degradazione o durevoli. Tipici della regione mediterranea. Lo stadio di degradazione successivo è la phrygana.

34 Arboricoltura da legno

Si intendono impianti creati prioritariamente per la produzione legnosa in un contesto agricolo, con sottobosco formato da specie sinantropiche.

34.11 Pioppeti

Specie: Populus x euroamericana, Populus spp.

34.12 Altre latifoglie

Specie: Juglans spp., Prunus spp., Quercus spp., ecc.
Sono gli impianti con specifica funzione di produzione legnosa, generalmente costituiti da specie esotiche, con un sottobosco di specie sinantropiche.

34.2 Conifere

Specie: Abies spp., *Tsuga spp.*, *Pseudotsuga menziesii* Franco, *Picea spp.*, *Larix spp.*, *Cedrus spp.*, *Pinus spp.*, *Cupressus spp.*, *Juniperus spp.*, *Cryptorneria japonica* Don, *Chamaecyparis lawsoniana* (Murray) Pari., *Thuya spp.*

3.4.3.5 Criteri di classificazione

L'attribuzione ad una classe viene effettuata considerando la copertura della specie o del gruppo di specie (di ogni classe) prevalenti. All'interno di ogni classe (ad es., i boschi a prevalenza di faggio) è poi possibile prevedere la presenza in purezza delle specie (70% e oltre di copertura) o la mescolanza. In successione, occorre considerare i seguenti "nodi":

a. conifere-latifoglie
b. tipo di bosco
c. sottotipo di bosco

Un primo problema che sorge riguardo al primo nodo sono i boschi misti di conifere e latifoglie. Probabilmente nell'area mediterranea non sono così frequenti tendendo questi due tipi di vegetazione spesso ad escludersi, ma il problema è molto evidente nell'arco alpino. Inevitabilmente, considerando solo due classi (latifoglie e conifere) le soluzioni di classificazione possono non essere soddisfacenti. Ad esempio, un bosco di larice (31% copertura) faggio (40%) e abete rosso (29%) è attribuito alla classe 11.21 se viene usato il criterio di sommare le coperture delle specie di conifere, però l'inquadramento nei lariceti è insoddisfacente poiché in realtà la specie prevalente è il faggio. D'altra parte occorre restringere i casi possibili ad alcuni di carattere più generale, per evitare un eccessivo numero di classi che prevedono casi scarsamente rappresentati. Una soluzione a questo problema è offerta da CB, che introduce una classe mista fra conifere e latifoglie quando nessuna delle due componenti è dominante. Si potrebbe fissare questo limite a 70%. Se accade di trovare un popolamento misto, il nodo successivo (tipo di bosco) è risolto attribuendo il caso alla specie o al gruppo di specie prevalente secondo la tipologia sin qui esposta. In concreto nell'esempio specifico il popolamento viene attribuito ad una classe mista con prevalenza di faggio e il codice, prevedendo che la classe mista assumesse il codice 4, sarebbe 11.41. In totale, seguendo questo principio, le classi miste potrebbero prevedere diciassette casi, analogamente a quelle pure (undici di latifoglie e sei di conifere).

Altri esempi di classificazione: un bosco di faggio (70% copertura) e cerro (30%) è attribuito alla classe 11.11, sottotipo faggeta pura; un bosco di faggio (60% copertura) e cerro (40%) è attribuito alla classe 11.11, sottotipo faggeta mista. In questo esempio è previsto al nodo successivo (c) una considerazione dei casi misti relativi a specie di uno stesso tipo (conifere o latifoglie).

Altri esempi limite: un popolamento di faggio (copertura 51%) e cerro (49%) è classificato come 11.11 (sottotipo misto), un popolamento di faggio (40%), cerro (30%) e roverella (30%) come 11.16 (sottotipo misto), poiché roverella e cerro appartengono alla stessa classe.

3.4.3.6 Considerazioni conclusive sulla tipologia IFN

Come si può osservare, la tipologia IFN proposta deriva direttamente da una classificazione recepita a livello comunitario che, si presume, verrà adottata in futuro con piccole variazioni per la descrizione di tutti gli ambienti naturali e seminaturali. In questo senso si è

tentato di rispondere all'esigenza di compatibilità fra sistemi di classificazione evidenziata in premessa.

Il manuale di classificazione degli habitat CB non stabilisce un protocollo rigido di rilievo per l'attribuzione di un sito ad una determinata classe. È tuttavia ragionevole pensare che un rilievo fitosociologico aiuti molto in questo senso, poiché i riferimenti sintassonomici nel manuale sono frequenti e la "struttura" di molte parti ricalca lavori fitosociologici. In ogni caso una corretta codifica del sito può avvenire solo in campo. Questo è stato uno dei vari motivi che ha sconsigliato un impiego diretto dei metodo per gli scopi dell'inventario. Questi ultimi sono di poter classificare un popolamento non solo in campo, ma anche eventualmente da immagini telerilevate (firme spettrali, colori, forme ecc.) o dai dati raccolti in campo (ad es., liste di specie).

Il criterio di raggruppamento delle specie non è stato casuale, ma ha seguito considerazioni di tipo ecologico, fra le quali il temperamento e l'areale naturale, ma anche di tipo tassonomico, nonché le indicazioni fornite dal manuale CB (quando presenti). Infine la struttura generale delle classi CB, come si è ribadito in più punti, non è stata modificata in maniera tale da ridurre in maniera sensibile la compatibilità fra i due sistemi, sebbene si deve essere consapevoli che i metodi di classificazione sono necessariamente diversi. In questo modo si ritiene di aver soddisfatto il criterio della compatibilità citato in premessa.

Il requisito di stabilità del sistema sembra soddisfatto dal momento che nella tipologia IFN sono state inserite tutte le specie della flora arborea ed arbustiva della flora italiana; eventuali mancanze o neo-acquisizioni sono facilmente integrabili. Il requisito della consistenza deve essere considerato con attenzione per la possibilità che la nuova tipologia a livello comunitario venga modificata. Nel caso specifico, tuttavia, non sembra un ostacolo insormontabile visti i criteri fisionomici dell'attribuzione di un popolamento ad una determinata classe. Ritenuti improbabili grandi sconvolgimenti a livello dei raggruppamenti maggiori (III livello della tipologia IFN) si potrebbe verificare la semplice collocazione di una specie in una classe piuttosto che in un'altra, fatto che non altera in maniera sostanziale la consistenza del sistema.

Un punto di notevole rilevanza è il significato ecologico e contemporaneamente il significato "forestale" (nei termini di cui in premessa) delle classi previste dalla tipologia. Una tipologia in grado di soddisfare al meglio il primo aspetto (ad es., tramite un approccio esclusivamente fitosociologico) può essere insoddisfacente rispetto al secondo (ad es., includere in una classe popolamenti che presentano un soprassuolo arboreo estraneo a quello evidenziato dall'analisi fitosociologica). Per verificare la congruenza della tipologia IFN a questi criteri è stato sperimentato un suo impiego a dati realmente raccolti in un inventario regionale.

A seguito di questa sperimentazione (oggetto di futura pubblicazione) si è potuto constatare che la tipologia proposta per il nuovo Inventario Forestale Nazionale mostra di soddisfare i criteri enunciati in premessa. L'assetto finale della tipologia, anche per quanto riguarda i livelli gerarchici superiori, è riportato nella Tavola 3.1.

Il precedente inventario nazionale ha usato una tipologia basata su specie più importanti, che solo in parte coincide con quella qui proposta. Nei dati tabellari riassuntivi, nelle fustaie le classi "residue" di conifere, querce e altre latifoglie assommano a circa 25% della superficie (delle fustaie), mentre nei cedui la classe "altre latifoglie" arriva a superare il 20% della superficie (dei cedui). Confronti fra la classificazione precedente e quella proposta saranno difficili per le classi di tipo residuo, a meno di non attingere ai dati originari. La tipologia proposta, come si è visto, mira anche a ridurre la perdita di informazione dovuta alla presenza di queste classi.

Figura 3.1 – Schema di ripartizione del territorio e tipologia forestale del nuovo IFN.

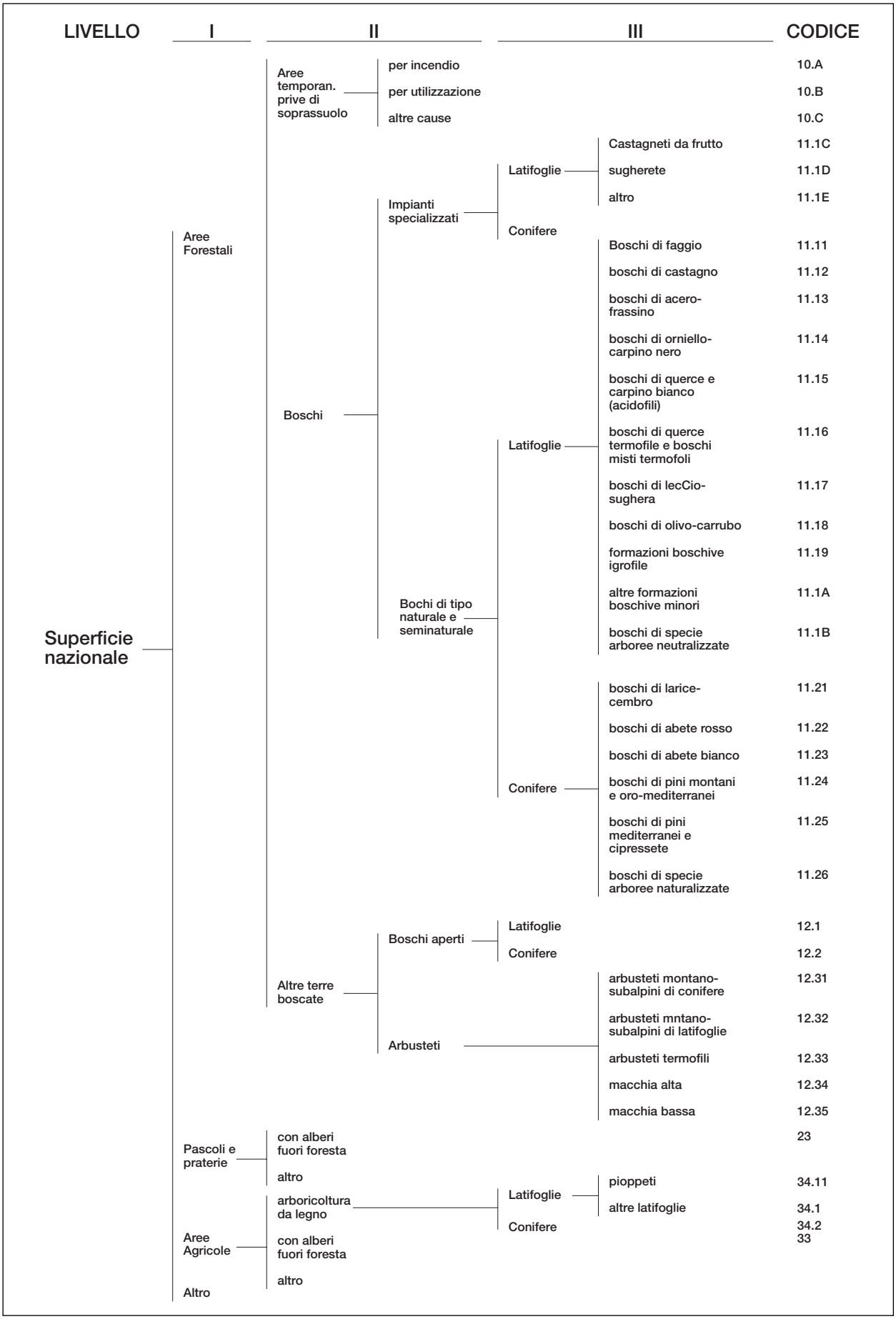


Tabella 3.1 – Definizioni di superficie forestale attualmente applicate in Europa nell'ambito degli inventari forestali nazionali (Köhl e Päivinen, 1997).

Paese	Larghezza minima (m)	Copertura minima (%)	Superficie minima (ha)	Produzione minima (m^3/ha/a)
Austria	10	30	0,05	–
Belgio	9-25	-/20	0,11-0,5	–
Danimarca	20	–	0,5	6
Finlandia	–	–	0,25	1
Francia	15	10	0,05	
Germania	10	–	0,1	
Grecia	30	10	0,5	
Islanda	–	–	0,25	
Irlanda	10	20	0,5	4 (con)/2(lat)
Italia	20	20	0,2	–
Liechtenstein	25-50	100-20	–	–
Lussemburgo	–	–	–	–
Olanda	30	20	0,5	
Norvegia	–	–	0,1	1
Portogallo	15	10	0,2	–
Spagna	20	5	0,25	–
Svezia	–	–	0,25	–
Svizzera	25-50	100-20	–	–
G. Bretagna	50	20	2	–

Tabella 3.2 – Criteri di definizione di superficie forestale negli inventari regionali (Tosi e Marchetti, 1998).

Inventario	Larghezza minima (m)	Copertura minima (%)	Area minima (m^2)	Altezza minima (m)
IFNI	20	20	2.000	–
IFR Lombardia	20	20	5.000	5
IFR Veneto	20	10	5.000	5
IFR Friuli	20	10	5.000	5
IFR Liguria	20	20	5.000	3
IFR Toscana	20	10	5.000	5
IFR Emilia R.	20	10	5.000	5
IFR Umbria	20	20	2.000	–
IFR Lazio	20	20	2.000	–

Tabella 3.3 – Attributi relativi agli ambiti amministrativi, geografici ed ecologici.

	DEFINIZIONE	CLASSI	FONTE	UNITÀ DI CAMPIONAMENTO	MODALITÀ DI RILEVAMENTO	FINALITÀ E COLLEGAMENTI
Regione	regione amministrativa da cartografia in cui ricade il punto di campionamento considerato	20 (regioni)+ 2 (province autonome)	cartografia ufficiale	p.d.c.[a]	da cartografia	eventuale disaggregazione dei dati
Land use	destinazione attuale del territorio[b]	oltre alle classi 'bosco' e 'altre terre boscatÈ se ne includono soltanto poche altre: agricolo, agr. arborato, praterie, incolti, non scendendo oltre il II livello della tipologia (figura 3. 1)	ortofoto	fotopunti	fotointerpretazione	carta forestale/sistema informativo forestale
Proprietà	tipo di proprietà dell'area in cui ricade il p.d.c.	5-6 classi, analoghe a quelle di IFN '85[c3]	mappe, catasto, interviste	p. d. c.	interviste, documenti cartografici o rilievi al suolo	statistiche forestali
Ecoregione	regioni degli ecosistemi forestali europei, svincolate da confini politici, caratterizzate da condizioni di crescita abb. omogenee	regioni definite secondo criteri di classificazione climatici, orografici, pedologici e vegetazionali	cartografia FIRS e altre basi di dati come NATURA 2000	p. d. c.	da cartografia	creazione di *database*; collegamento con banche dati europee

a. Punto di campionamento.
b. In qualche caso di IFNE vengono indicate anche particolari limitazioni all'uso (di tipo protettivo, naturalistico, ricreativo, ecc), che qui si consiglia di omettere per non creare confusione.
c. Si ritiene importante fornire anche, come dato accessorio dei tipo di proprietà o come informazione a sè, indicazioni sull'accessíbilità legale al bosco, in virtù della presenza o meno di norme di divieto di accesso o proibizioni segnalate manifestamente (cartelli, recinzioni) dal proprietario.

Tabella 3.4 – Attributi relativi alla stazione.

	DEFINIZIONE	CLASSI	FONTE	UNITÀ DI CAMPIONAMENTO	MODALITÀ DI RILEVAMENTO	FINALITÀ E COLLEGAMENTI
Altitudine Esposizione Pendenza	rispettivamente: – quota slm; – orientamento della linea di massima pendenza; – inclinazione del piano su cui insiste il p.d.c.[a]	vedi IFN '85	data-base in forma numerica (DTM – modello digitale del terreno)	p.d.c.[a]	da cartografia numerica	definizione delle caratteristiche ecologiche della stazione; stima attributi derivati (capacità regimante e antierosiva, accessibilità, altri)
Giacitura/ Morfologia	posizione dell'a.d s.[b] nei confronti dell'orografia	6 - 8 classi; attributo rilevato ma non elaborato in IFN '85	rilievi al suolo	area di riferimento di 5.000 m^2	di stima a vista	definizione delle caratteristiche ecologiche della stazione; stima attributi derivati (accessibilità; accidentalità, altri)
Suolo	attributo complesso, derivato da diversi parametri. Fra questi si segnalano la profondità e la presenza di fenomeni erosivi.	numero limitato (per es. 3 classi sia per l'erosione, sia per la profondità)	per alcuni parametri (substrato pedologico, tessitura, struttura), da cartografia o database già esistenti	a.d.s.[b], eventualmente estesa all'area di riferimento / dati ausiliari	valutazione speditiva sulla base di evidenze presenti	stima attributi derivati (funzioni protettive, capacità regimante e antierosiva, biomassa)
Accidentalità	presenza di ostacoli (rocce affioranti, pietre, ecc.) fortemente limitanti l'accesso a piedi al sito	poche classi (ad es. 3)	rilievi al suolo	area di riferimento di 5.000 m^2	di stima a vista	valutazione potenzialità in relazione alla produzione legnosa; stima attributi derivati (accessibilità)

a. Punto di campionamento.
b. area di saggio circolare a raggio fisso

Tabella 3.5 – Attributi relativi agli aspetti dendrometrici (parte 1).

	DEFINIZIONE	CLASSI	FONTE	UNITÀ DI CAMPIONAMENTO	MODALITÀ DI RILEVAMENTO	FINALITÀ E COLLEGAMENTI
Diametro a 1,3 m	diametro dei fusto misurato a 1,3 m dal suolo	problema della soglia minima (in Europa oscilla tra 0 e 12 cm; in IFN '85 era pari a 3 (2,5) cm	rilievi al suolo	a.d.s[a]	misurazione con cavalletto dendrometrico	produzione di statistiche forestali; stima di attributi derivati (area basim., massa legnosa, biomassa, struttura dei popolamenti)
Altezza dendrometrica	altezza, dalla base alla vetta, dei soggetti arborei selezionati per il rilievo ipsometrico entro l'a.d.s.[a]		rilievi al suolo	sottocampione di soggetti dell'a.d.s[a]	misurazione mediante ipsometro, clisimetro o dendrometro laser	produzione di statistiche forestali; stima di attributi derivati (massa legnosa, biomassa, struttura dei popolamenti)
Numero di alberi	numero di individui arborei di dimensioni superiori alla soglia diametrica per unità di superficie		rilievo al suolo	a.d.s[a]	conteggio, dal piedilista di cavallettamento	definizione della struttura dei popolamenti
Qualità del fusto	insieme di caratteri morfologici che qualificano i fusti arborei; in Europa viene spesso rilevata la presenza di particolari anomalie, come cavità, colate di resina, biforcazioni, scortecciature, fusti epicormici, ecc.	in IFN '85 si codificavano due attributi, le condizioni qualitative generali (3 classi) e le caratteristiche tecnologiche macroscopiche (3 classi)	rilievi al suolo	sottocampione di soggetti dell'a.d.s[a]	a vista	stima dei valore della produzione legnosa; valutazione di attributi derivati (habitat animali, biodiversità)

a. area di saggio circolare a raggio fisso

Tabella 3.5 – Attributi relativi agli aspetti dendrometrici (parte 2).

	DEFINIZIONE	CLASSI	FONTE	UNITÀ DI CAMPIONAMENTO	MODALITÀ DI RILEVAMENTO	FINALITÀ E COLLEGAMENTI
Caratteristiche della chioma	caratteristiche relative allo sviluppo verticale e orizzontale della chioma e alla sua posizione sul fusto (diametro dei fusto nel punto di inserzione, porzione del fusto coperta dalla chioma)	una accentuata differenziazione (9 classi per la forma della chioma) è stata attuata in alcuni inventari regionali (ER, VE, FR); la forma della chioma viene impiegata talvolta per classificare la posizione sociale dell'albero (Liguria, Svizzera)	rilievi al suolo	sottocampione di soggetti dell'a.d.s[a]	impiego di ipsometri, clisimetri, dendrometri laser, stima a vista della forma della chioma	stima della biomassa, valutazione delle potenzialità nella fissazione del carbonio, stima degli effetti sulla biodiversità; collegamenti con altri attributi (struttura della cenosi, habitat faunistici)
Area basimetrica	sommatoria delle superfici delle sezioni dei soggetti arborei ad 1,3 m di altezza, riferite all'ettaro		attributo derivato	a.d.s[a]	calcolo a partire dalle osservazioni diametriche rilevate	produzione di statistiche forestali; stima di attributi derivati (volume legnoso, biomassa)
Volume di massa legnosa	massa volumica cormometrica o dendrometrica ad ettaro		attributo derivato	a.d.s[a]	impiego di funzioni (diametro, altezza) di stima individuali differenziate per specie e dendrotipo; sono disponibili i modelli allestiti per IFN '85 e altri nuovi modelli nel frattempo predisposti	produzione di statistiche forestali; stima di attributi derivati (biomassa)

a. area di saggio circolare a raggio fisso

Tabella 3.5 – Attributi relativi agli aspetti dendrometrici (parte 3).

	DEFINIZIONE	CLASSI	FONTE	UNITÀ DI CAMPIONAMENTO	MODALITÀ DI RILEVAMENTO	FINALITÀ E COLLEGAMENTI
Incremento legnoso	incremento corrente di massa volumica; la misurazione diretta dell'incremento in Europa è poco diffusa (Italia, Spagna, Portogallo); più frequente è la stima dell'incremento volumetrico per differenza di inventari (come in Finlandia) sulle stesse a.d.s[a]		attributo derivato	a.d.s[a]	stima dell'incremento radiale, attraverso carotaggio con succhiello di Pressier, su soggetti arborei campioneselezionati entro l'a.d.s.; applicazione di semplici formulazioni incrementali a partire dall'incremento diametrico, associato o meno ai corrispondenti valori di stima dell'incremento ipsometrico (IFN -85)	produzione dî statistiche forestali
Età dei soprassuolo	età media dei soprassuoli coetanei e degli impianti specializzati		rilievi al suolo/interviste	a.d.s[a]	metodi diretti e indiretti	produzione di statistiche forestali

a. area di saggio circolare a raggio fisso

Tabella 3.6 – Attributi relativi alla struttura delle fitocenosi (parte 1).

	DEFINIZIONE	CLASSI	FONTE	UNITÀ DI CAMPIONAMENTO	MODALITÀ DI RILEVAMENTO	FINALITÀ E COLLEGAMENTI
Tipologia forestale	ripartizione dei territorio nazionale in successivi livelli gerarchici (in figura 3.1, al III livello i tipi forestali sono stati individuati su base fisionomica, e riprendono, in parte, le classi di CORINE Biotope)	35 nella tipologia proposta per il prossimo IFN (vedi figura 3.1)	rilievi al suolo e foto aeree	photoplot o area di 5.000 m^2 intorno al p.d.c.[a]	classificazione a vista	stratificazione del territorio; produzione di statistiche forestali
Copertura	grado di copertura della vegetazione arborea/ arbustiva; percentuale di superficie occupata dalla proiezione delle chiome	necessarie le classi (5)-10, 11-20 e >20% (v. par. 3.1.1 e 3.1.2); utili per considerazioni sulle funzioni svolte anche le classi 21-50; 51-80 e >80	foto aeree	photoplot o area di 5.000 m^2 intorno al p.d.c.[a]	su stampa cartacea di foto aere (mediante reticolo di n punti – es. 25 – intorno al p.d.c.[a] entro un'area di 5.000 m^2) oppure su ortofoto digitali in modo automatico	produzione di statistiche forestali; creazione di data-base (sistema informativo forestale); collegamenti con gli attributi tipologia forestale, capacità regimante e antierosiva
Composizione	classificazione tassonomica dei soggetti arborei del soprassuolo	per singole specie arboree, o per classi formate da gruppi di specie	rilievi al suolo	a.d s.[b]	classificazione di ogni individuo censibile nell'a.d s.[b]	stima di attributi derivati (biodiversità); collegamenti con altri attributi (tipologia forestale, altri)

a. punto di campionamento
b. area di saggio circolare a raggio fisso

Tabella 3.6 – Attributi relativi alla struttura delle titocenosi (parte 2).

	DEFINIZIONE	CLASSI	FONTE	UNITÀ DI CAMPIONAMENTO	MODALITÀ DI RILEVAMENTO	FINALITÀ E COLLEGAMENTI
Struttura	distribuzione della vegetazione in verticale e in orizzontale; tipo strutturale (stadio evolutivo)	– riferite al numero di piani (es. mono-, bi-plana); – riferite allo stadio evolutivo (novelleto, spessina… v. IFN ’85)	rilievi al suolo	– profilo verticale: per stime speditive l’a.d.s.[a] o, per misure specifiche, su campioni di forma cilindrica (base di 100/200 m^2); – stadio evolutivo su aree di 5.000 m^2	– stima a vista; – per ogni piano di vegetazione, stima (a vista o con dendrometro laser), della porzione di spazio coperto dalle piante, suddivise per specie o per gruppi di specie	produzione di statistiche forestali; stima di attributi derivati (diversità strutturale, funzioni protettive, biodiversità, habitat faunistici, funzioni ricreative, fissazione del carbonio, biomassa); collegamenti con altri attributi (margini, capacità regimante e antierosiva)
Forma di governo e trattamento	modalità della rinnovazione, modalità di utilizzazione; corispondente al tipo e al sottotipo inventariale di IFN ’85; attributo incluso in tutti gli IFNE	non esistono classi standard in Europa; sembra prioritario distinguere i boschi gestiti regolarmente da quelli non gestiti	rilievi al suolo/interviste	area di riferimento di 5000 m^2	stima a vista, consultazione altri database	produzione di statistiche forestali; scelta dei modelli per la stima dei volumi e delle biomasse; collegamenti con altri attributi (definizione della struttura)
Rinnovazione	presenza di rinnovazione entro l’unità di campionamento individuata	indicativamente quelle di IFN ’85	rilievi al suolo	micro-aree di forma circolare (o quadrata) poste entro l’a.d.s.[a], per il rilievo specifico della rinnovazione	stime speditive per il rilievo di abbondanza, stato vegetativo, distribuzione, origine, specie prevalente	produzione di statistiche forestali; valutazione del dinamismo della vegetazione e della funzionalità dell’ecosistema
Cure colturali/ Sesto d’impianto	evidenza di esecuzione di interventi colturali e/o presenza di un regolare sesto di impianto	limitate	rilievi al suolo	a.d.s[a]	valutazioni a vista	produzione di statistiche forestali

a. area di saggio circolare a raggio fisso

Tabella 3.6 – Attributi relativi alla struttura delle fitocenosi (parte 3).

	DEFINIZIONE	CLASSI	FONTE	UNITÀ DI CAMPIONAMENTO	MODALITÀ DI RILEVAMENTO	FINALITÀ E COLLEGAMENTI
Origine del popolamento	attributo qualitativo che distingue i popolamenti derivati da rinnovazione artificiale, da quelli spontanei	3: spontanea, artificiale, mista	area di riferimento di 5000 m^2	a.d.s.[a]	a vista / interviste	produzione di statistiche forestali; valutazione di attributi derivati (naturalità)
Posizione sociale	posizione della chioma del soggetto osservato in relazione ai soggetti circostanti (dominante, dominata, ecc.); attributo non rilevato in IFN '85	negli IFNE sono usate le classi IUFRO o quelle di Kraft	rilievo al suolo	a.d.s.[a]	stime a vista sui soggetti campione selezionati per il rilievo ipsometrico, incrementale, ecc.	produzione di statistiche forestali
Margine del bosco[1]	zona di transizione tra bosco e altro uso del suolo	numero limitato	rilievi al suolo; fotointerpretazione	area sottesa da un raggio di 25 m dal p.d.c.[b] (~ 2.000 m^2)	valutazione a vista di una porzione di margine, lunga circa 50 m	valutazione della diversità (diversità strutturale, habitat animali, frammentazione), e di altre funzioni (paesaggio/scenic beauty); collegamenti con gli attributi profilo verticale, tipo forestale
Distribuzione spaziale degli alberi	posizione (georiferimento) di ciascun soggetto arboreo individuata attraverso le sue coordinate polari (azimut e distanza dal p.d.c.[b]) o spaziali; attributo importante nell'ipotesi di rendere permanenti le a.d.s.[a]		rilievi al suolo	a.d.s.[c]	misurazione strumentale con rotella e bussola o dendrometro LASER, eventualmente associato a GPS	monitorare l'evoluzione nel tempo dei soprassuoli in occasione delle ripetizioni inventariali

a. area di saggio circolare a raggio fisso
b. punto di campionamento
c. informazione raccolta nell' IFR della Liguria (M.A.F., 1993; Marchetti et al., 1998) e in alcuni IFNE; il rilievo dei margini può contemplare numerosi attributi: molto dettagliato l'IFN svizzero, nel quale sono stati raccolti 19 attributi (tra i quali: andamento dei margine sul piano orizzontale, struttura verticale, tipo di mantello, densità, specie arboree e arbustive, tipo di bordo, tipo di uso dei suolo confinante coi bosco, grado di influenza antropica; Köhl et al, 1995); ai fini nazionali ci si potrebbe limitare ai seguenti attributi: presenza/ assenza di margine; tipo di uso dei suolo confinante (elementi dei contatto); tipo o forma dei margine (a- netto, b- graduale, con presenza dei tipico mantello, c- sfumato, proprio delle zone al limite superiore della vegetazione); classi di estensione delle radure.

Tabella 3.7 – Attributi relativi allo stato fitosanitario dei soprassuoli forestali.

	DEFINIZIONE	CLASSI	FONTE	UNITÀ DI CAMPIONAMENTO	MODALITÀ DI RILEVAMENTO	FINALITÀ E COLLEGAMENTI
Danni al soprassuolo/ stato vegetativo	danni biotici ed abiotici al soprassuolo valutati sinteticamente entro l'a.d.s.[a]; in IFN '85 si sono osservati gli attributi: – origine – effetto – diffusione dei danno	numero limitato (3-5)	rilievi al suolo	a.d.s.[a]	stime a vista	produzione di statistiche forestali; valutazione dei grado di efficienza ecologica della stazione; collegamenti con l'attributo degrado della stazione
Degrado della stazione	interferenze di origine antropica, indotte da azioni ancora in corso o avvenute in epocapiù o meno remota, che creano condizioni di generale instabilità o degrado a carico dei soprassuoli o della stazione; le azioni si possono ricondurre a: interventi selvicolturali errati, carenza di interventi in boschi trattati in passato, incendi, pascolo, asportazione della lettiera	aggiornamento della casistica di IFN '85 relativa a tipo e intensità dei degrado	rilievi al suolo, interviste, document. storica	a.d.s.[a] o area di riferimento di 5.000 m^2	valutazione a vista	produzione di statistiche forestali; valutazione del grado di efficienza ecologica della stazione; collegamenti con l'attributo danni al soprassuolo

a. area di saggio circolare a raggio fisso

Tabella 3.8 – Attributi relativi all'accessibilità e alle utilizzazioni.

	DEFINIZIONE	CLASSI	FONTE	UNITÀ DI CAMPIONAMENTO	MODALITÀ DI RILEVAMENTO	FINALITÀ E COLLEGAMENTI
Accessibilità/ Viabilità/ Sistema di esbosco	condizioni di accesso, connesse alla rete viabile ordinaria e forestale, finalizzate alle possibilità di esbosco del legname; da considerare: – tipo di viabilità – densità stradale – livello di accessibilità (in funzione di pendenza, distanza orizzontale, dislivello) – sistema di esbosco (in uso e o potenziale)	per l'accessibilità può essere seguito il protocollo IFN '85	rilievi al suolo; fotointerpretazione	area di riferimento di 5.000 m^2	misure su supporti fotografici; rilievi strumentali; interviste	stime relative alla produzione legnosa; valutazione della funzione turistico/ ricreativa; collegamenti con l'attributo accidentalità
Prelievo	massa legnosa asportata o superficie percorsa da utilizzazioni (a raso)[a]		rilievi al suolo (massa asportata); fotointerpretazione (estensione tagliate)	a.d.s.[b]; photoplot (tagliate a raso)	conteggio ceppaie presenti; ricostruzione della massa arborea individuale attraverso semplici modelli (Castellani et al, 1988)	produzione di statistiche forestali relative alla produzione legnosa ed alle utilizzazioni; collegamenti con l'attributo volume di massa legnosa

a. esiste il problema della mortalità naturale: di solito nei paesi nord-europei le due porzioni, massa utilizzata e perdite naturali, vengono tenute distinte (Kuusela, 1994), mentre nel resto d'Europa e in Nordamerica non si fa questa distinzione (Beers, 1962); per i cedui in IFN '85 è stato elaborato soltanto il dato relativo alla superficie annua utilizzata: si può pensare di ripetere il protocollo previsto per IFN '85.
b. area di saggio circolare a raggio fisso

Tabella 3.9 – Attributi relativi alla descrizione dell'ecosistema (parte 1).

	DEFINIZIONE	CLASSI	FONTE	UNITÀ DI CAMPIONAMENTO	MODALITÀ DI RILEVAMENTO	FINALITÀ E COLLEGAMENTI
Blomassa	peso secco della parte epigea vivente della vegetazione ev. ripartito per piani (arb., arbust., erb.) e per specie[a]	soglia minima: come per il volume	rilievi al suolo, (fotointerpretazione);	unità di campionamento differenziate per componente vegetale	misure dirette, stime indirette, stime speditive[b]	produzioni di statistiche forestali; valutazione del contributo delle foreste nello stoccaggio del carbonio; collegamenti con gli attributi "fertilità", "tipo inventariale", "struttura"
Necromassa	presenza e tipo materiale vegetale morto, in piedi o a terra[c]	eventuale soglia minima	rilievi al suolo	variabili con il tipo di materiale: a.d.s.[d] per sul materiale in piedi, unità di c. lineari[e] per il materiale a terra, aree di pochi m^2 per la lettiera	rilievi dendrometrici sul materiale in piedi, rilievi speditivi del diametro sui soggetti a terra, asportazione e pesatura dei peso secco della lettiera	valutazione della biodiversità (habitat animali); stima del carbonio fissato; collegamenti con gli attributi "biomassa", "habitat", "diversità strutturale", "modelli di combustibile"

a. la parte ipogea, importante per entità e significato, non viene considerata per i rilievi troppo onerosi e la mancanza di tecniche consolidate.
b. per il rilievo della biomassa vi sono le seguenti possibilità (Bianchi e Tosi, 1995):
   a accertamenti diretti con misurazioni dei peso mediante prelievi distruttivi;
   b modelli di stima inferenziale costruiti sulle relazioni che legano la biomassa a variabili esplicative di facile osservazione (d1, 3, h, dic); questa modalità richiede l'allestimento preliminare di funzioni (tavole) generali di biomassa per specie o gruppi di specie;
   c tecniche di valutazione visiva associate o meno ad accertamenti diretti su sottocampioni opportunamente selezionati; tra queste tecniche rientra la visual segmentation, adatta per stime speditive della massa volumica di alberi policormici e arbusti (Born e Chojnacky, 1985); tra i metodi che si avvalgono di fotointerpretazione o analisi di immagini satellitari si segnala il LAI index, indice di densità fogliare, per il quale si rimanda al par. 4.4.1.
c. il protocollo dovrebbe contemplare il rilievo della specie legnosa, delle dimensioni, dell'ambiente e dei grado di decomposizione (Albrecht, 1991)
d. area di saggio circolare a raggio fisso
e. metodi per intersezione di linee – fine intersect sampling -LIS (De Vries, 1979 e Van Wagner, 1982) o metodi di campionamento per sezioni (Mc Nab, 1980 e Zöhrer et al., 1982).

Tabella 3.9 – Attributi relativi alla descrizione dell'ecosisterna (parte 2).

	DEFINIZIONE	CLASSI	FONTE	UNITÀ DI CAMPIONAMENTO	MODALITÀ DI RILEVAMENTO	FINALITÀ E COLLEGAMENTI
Carbonio totale fissato	quantità di carbonio organicato presente nell'ecosistema[a]		rilievi per la stima della biomassa	a.d.s.[b]	uso di modelli di stima basati sul volume della massa legnosa[c]	analisi dei cambiamenti climatici, ruolo delle foreste nella riduzione di $C0_2$ atmosferico e dell'effetto serra; collegamenti con gli attributi 'biomassa', 'profilo verticalÈ, 'tipologia forestalÈ
Modelli di combustibile	complesso di caratteristiche del materiale combustibile (vivo e morto) presente nelle fitocenosi che influenza il comportamento dei fuoco[d]	si può proporre l'adozione della classificazione di Rothermel (1983)	attributo derivato[e] o stimato a vista	a.d S.[b]	classificazione a vista mediante chiavi descrittive oppure derivazione dai dati relativi a: tipo di vegetazione, biomassa, necromassa	monitoraggio dei pericolo di incendio

a. questa dipende da (Pignatti, 1995): a) condizioni astronomiche (irraggiamento), b) complessità dei sistema fotosintetico (tipo di cenosi), c) fattori limitanti (acqua, $C0_2$ e nutrienti). È fondamentale comunque il ruolo svolto dalla componente vegetale dell'ecosistema che è in stretta relazione con la biomassa degli apparati fotosinteticamente attivi.
b. area di saggio circolare a raggio fisso
c. modelli sulle riserve di carbonio degli ecosistemi forestali sono stati sviluppati per alcune realtà europee, come per esempio quello svedese di tipo matriciale -SUAS- (Sallnäs, 1990), che effettua simulazioni, a partire dai dati di massa legnosa ed incremento annuo, ripartiti per classi cronologiche. Tale modello è stato impiegato da Nilsson et al. (1992) per proiezioni relative alle risorse forestali dei paesi europei; in Italia non sono ancora disponibili modelli di tipo generale a valenza nazionale, la cui messa a punto richiederebbe una specifica attività sperimentale
d. Velez Muñoz (1990) definisce i modelli di combustibile sulla base della quantità di combustibile e dei comportamento nella trasmissione dei calore dei diversi tipi strutturali; Rothermel (1983) ha individuato 13 modelli a probabilità crescente di rischio d'incendio, associati al tipo di vegetazione, alla struttura verticale e orizzontale e alla presenza di residui e di legname morto; il rilievo dei modelli di combustibile è stato contemplato dall'IFMR della Liguria
e. ai fini dell'inventario forestale nazionale potrebbero essere considerati i seguenti attributi: a) tipo e struttura della vegetazione, b) biomassa, c) necromassa (tipo e distribuzione di residui).

Tabella 3.9 – Attributi relativi alla descrizione dell'ecosistema (parte 3).

	DEFINIZIONE	CLASSI	FONTE	UNITÀ DI CAMPIONAMENTO	MODALITÀ DI RILEVAMENTO	FINALITÀ E COLLEGAMENTI
Ricchezza biologica	esprimibile come numero di specie per unità di superficie; negli inventari forestali si considerano in genere solo le specie vegetali[a]		rilievi al suolo	a.d.s.[b] e relativi sottocampioni	rilievi floristici	valutazione della biodiversità; collegamenti con l'attributo 'composizione specifica'
Diversità del paesaggio	grado di eterogeneità del territorio composto da insiemi di ecosistemi tra loro interagenti: boschi, praterie, incolti, acque, coltivi; indicatore importante della qualità del paesaggio		foto aeree	photoplot esteso alcuni ettari	misura della superficie e del perimetro relativi alle tessere del paesaggio effettuata su foto aeree o altri dati telerilevati[c]	valutazione della biodiversità e del valore estetico del paesaggio forestale; collegamenti con l'attributo 'habitat faunistici'[d]

a. una valutazione più accurata della biodiversità può essere effettuata con l'analisi della distribuzione delle abbondanze relative delle specie (eveness, Hunter, 1990); a questo scopo vengono frequentemente applicati alcuni indici (Simpson, Shannon – Shannon e Weaver, 1949, Simpson, 1949), che esprimono l'eterogeneità delle distribuzioni di frequenza degli individui fra le diverse specie. Tale analisi richiede rilievi fitosociologici secondo un disegno di campionamento specifico di difficile attuazione, se non in particolari contesti, in un inventario forestale nazionale.
b. area di saggio circolare a raggio fisso
c. la stima della frammentazione si può realizzare con tecniche di analisi frattale, che si avvalgono dei rapporto perimetro – area, attraverso la misurazione di confini ecotonali, dai quali si ricavano gli 'indici di diversità ambientalÈ o ''indici di ecotono' (El – Santilli, 1994). Per un rilievo rigoroso della diversità dei paesaggio occorrerebbe individuare le 'unità di paesaggio' (sulla base di caratteri geologici e geomorfologici, dell' uso dei suolo e dei tipo di vegetazione) e procedere al calcolo di indici specifici, come quelli proposti da Schaeffer (1988, citato in Riitters et al., 1992) – e frequentemente adottati – di connettività (misura della continuità spaziale di un tipo di elemento dei paesaggio, che informa sulla presenza di corridoi come le vie di migrazione), di dominanza (misura di quanto comune sia un tipo di unità di paesaggio nel territorio, ovvero misura dell'omogeneità dei paesaggio), di contagio (misura del grado di aggregazione delle tessere) e di dimensione frattale (misura della complessità dei mosaico dei paesaggio). Per le finalità inventariali nazionali si ritiene sufficiente esprimere la frammentazione attraverso quest'ultimo indice, basato su variabili (superfici e perimetri delle tessere) facilmente rilevabili da foto aerea.
d. la frammentazione dei paesaggio costituisce un carattere significativo nella definizione degli habitat delle specie animali.

Tabella 3.9 – Attributi relativi alla descrizione dell'ecosistema (parte 4).

	DEFINIZIONE	CLASSI	FONTE	UNITÀ DI CAMPIONAMENTO	MODALITÀ DI RILEVAMENTO	FINALITÀ E COLLEGAMENTI
Specie rare	presenza di specie rare	4 classi IUCN: specie rare, vulnerabili, in pericolo di estinzione, estinte	rilievi al suolo, elenchi di specie rare (liste rosse)	a.d.s.[a]	attributo derivato per confronto dei dati di 'composizione specifica' con le liste rosse	monitoraggio delle specie rare e valutazione della biodiversità
Provenienza del materialegenetico	origine del materiale usato per la rinnovazione (attributo importante per rimboschimenti e piantag. specializzate)	numero limitato	dati ausiliari	a.d.s.[a]	consultazione di dati storici, interviste	conservazione del patrimonio genetico
Naturalità	insieme di caratteristiche degli ecosistemi forestali (comp. specifica, struttura, stadio evolutivo, interventi colturali, impatti) legate al grado di antropizzazione[b]	come esempio di classificazione, si cita quello realizzato per l'INB dell'Austria[c]	rilievi al suolo, dati storici	a.d.s.[a]	stime a vista o sintesi di altri attributi (tipologia forestale, struttura, rinnovazione, prelievo, governo e trattamento)	stima del valore naturalistico ai fini della conservazione degli ambienti naturali
Alberi fuori foresta	filari alberati, siepi, boschetti (< 5000 m^2) alberi isolati o in piccoli gruppi in ambiente agricolo e pascoli arbor.	poche classi di densità o di copertura (es. < 1%, 1-5%)	foto aeree	photoplot	fotointerpretaz. su reticoli di punti o con metodi adatti al rilievo di elementi lineari[d]	valutazione della biodiversità e collegamenti con gli attributi habitat faunistici e frammentazione

a. area di saggio a raggio fisso
b. in Austria è stata realizzata un'indagine specifica sulla naturalità dei boschi (INB) secondo una rete di punti localizzati in corrispondenza dei punti di campionamento dell'IFN; i criteri di valutazione comprendono: la naturalità e diversità delle specie arboree e dei sottobosco, il tipo di rinnovazione, la presenza di tagliate a raso, l'intensità delle utilizzazioni, lo stadio di sviluppo, la struttura dei popolamento, entità e qualità della necromassa.
c. nell'INB dell'Austria sono state distinte 9 classi, riconducibili alle seguenti: a) boschi naturali, b) boschi a selvicoltura naturalistica, c) boschi moderatamente alterati, d) boschi fortemente alterati, e) piantagioni artificiali.
d. metodi per intersezione lineare o per bande associate (Bianchi & Tosi, 1995),

Tabella 3.10 – Attributi relativi alle risorse non legnose e alle altre funzioni della foresta.

	DEFINIZIONE	CLASSI	FONTE	UNITÀ DI CAMPIONAMENTO	MODALITÀ DI RILEVAMENTO	FINALITÀ E COLLEGAMENTI
Stato di tutela	presenza di forme giuridiche di tutela o di vincoli a fini di conservazione ambientale	6 categorie di protezione sec. L. 394/1991[a], oppure 11 classi internazionali (IUCN)	documentaz. legislativa e carte tematiche	p.d.c.[b]	consultazione documentazione e cartografia	produzione di statistiche; collegamenti con la funzione naturalistica
Prodotti non legnosi	presenza di prodotti non legnosi[c] capaci di fornire un reddito		rilievi al suolo, interviste	a.d.s.[d]	varie, in relazione al prodotto	valutazione dei potenziali redditi ottenibili da risorse non legnose; collegamenti con le funzioni socio-economica e ricreativa
Valore turistico/ ricreativo	uso effettivo o potenziale del sito a fini turistico-ricreativi	categorie ordinali	rilievi al suolo, interviste e dati relativi ad altri attributi[e]	area di riferimento di 5000 m^2	da definire	valutazione della funzione turistico-ricreativa
Valore degli habitat faunistici	idoneità del sito ad ospitare le specie animali considerate (Bianchi e Tosi, 1995)	da definire	attributo derivato dai dati relativi alla struttura e all'ecosistema; ev. rilievi integrativi	area di riferimento di 5000 m^2	rilievo di elementi qualificanti l'ambiente in relazione alle esigenze di determinate specie animali	valutazione della funzione faunistica e di quella naturalistica
Capacità regimante e antierosiva	capacità del bosco di regolare il deflusso idrico e contenere i fenomeni erosivi	Numero limitato	attributo derivato da quelli relativi alla struttura e alla stazione[f]	area di riferimento 5000 m^2	da definire	valutazione della funzione protettiva

a. parchi nazionali, riserve naturali statali, riserve naturali regionali, parchi naturali regionali, zone umide di importanza internazionale e altre aree protette
b. punto di campionamento
c. i prodotti possono essere distinti in:
   – apparati riproduttivi (frutti, noci, semi, fiori, funghi, ecc.),
   – apparati non riproduttivi (corteccia, sughero, latice, rami, fogliame, ecc.);
d. area di saggio circolare a raggio fisso
e. caratteri relativi alla struttura dei soprassuoli e alla stazione
f. in particolare si segnala l'influenza, per quanto attiene ai popolamenti forestali, della copertura, della struttura e delle forme di governo e trattamento e, in relazione alla stazione, dei caratteri geomorfologici (pendenza, morfologia), dell'accidentalità e dei suolo.

Tabella 3.11 – Prospetto riassuntivo degli attributi considerati e loro priorità d'inserimento nella struttura inventariale.

ATTRIBUTI	PRIORITÀ 1	2	3
A) AMBITI AMMINISTRATIVI, (ECO)-GEOGRAFICI			
Regione	X		
Land use	X		
Proprietà	X		
Eco-regione		X	
Provincia			X
Comune			X
Comunità Montana			X
Bacino idrografico			X
Area intercomunale			X
B) STAZIONE			
Altitudine	X		
Esposizione	X		
Pendenza	X		
Giacitura/ Morfologia		X	
Suolo		X	
Accidentalità		X	
C) ATTRIBUTI DENDROMETRICI			
Diametro a 1,3 m	X		
Altezza dendrometrica	X		
Numero alberi	X		
Qualità dei fusto	X		
Area basimetrica	X		
Volume	X		
Incremento	X		
Età del soprassuolo	X		
Caratteri della chioma.		X	
Site index			X
Altezza dominante			X
Diametri superiori dei fusto			X
Corteccia			X
D) STRUTTURA DELLA FITOCENOSI			
Tipologia forestale	X		
Copertura	X		
Composizione dei soprassuolo	X		
Struttura	X		
Rinnovazione	X		
Forma di governo e trattamento	X		
Cure colturali/ Sesto d'impianto	X		
Posizione sociale		X	
Origine dei popolamento		X	
Margine dei bosco/ Radure		X	
Distribuzione spaziale degli alberi		X	
Censimento flora/ Rilievo fitosociologico			X
Pattem spaziale arbusti			X
E) STATO FITOSANITARIO			
Danni al soprassuolo/ Stato vegetativo	X		
Degrado della stazione		X	
Bilancio dei nutrienti			X
Bioindicatori			X
Incendi			X
Defogliazione/ Decolorazione degli alberi			X
F) ACCESSIBILITÀ ED UTILIZZAZIONI			
Accessibilità, viabilità, sistema di esbosco	X		
Prelievo, superficie utilizzata	X		
G) ECOSISTEMA FORESTALE			
Biomassa	X		
Necromassa	X		
Carbonio totale fissato	X		
Modelli di combustibile		X	
Ricchezza biologica	X		
Diversità dei paesaggio		X	
Specie rare		X	
Provenienza dei materiale genetico		X	
Naturalità		X	
Alberi fuori foresta		X	
Presenza di acque superficiali e loro qualità			X
H) RISORSE NON LEGNOSE			
Stato di tutela	X		
Prodotti non legnosi		X	
Valore turisti co-ri creativo		X	
Valore degli habitat faunistici		X	
Capacità regimante e antierosiva		X	
Caccia, pascolo in bosco			X
Tracce di fauna			X

Tabella 3.12 – Corrispondenza fra Classificazione CORINE e tipologia IFN per i boschi di latifoglíe decidue.

classe CORINE (1991)	Definizione – inquadramento fitosociologico Sottoclassi citate per l'Italia	Specie citate (per le classi italiane)	Classe IFN2000	Specie
41.1 Faggete	Boschi dominati da faggio (*Fagenion*). 41.15 Faggete subalpine 41.17 Faggete S-C Europee 41.18 Faggete meridionali italiane	*Fagus sylvatica, Acer pseudoplatanus, Taxus baccata, Pinus laricio, Populus tremula, Sorbus aucuparia, Betula pendula*	**Boschi di faggio**	*Fagus sylvatica*
41.2 Querco-carpineti	Boschi dominati da *Quercus robur* e *Q. petraea* con generalmente *Carpinus betulus* presente (*Carpinion betuli*). 41.28 Querco-carpineti S-alpini	*Quercus petraea, Q. robur, Fraxinus excelsior, Tilia platyphyllos T. cordata, Carpinus betulus*	Aggregata ai boschi di querce acidofili	
41.4 Boschi misti di pendice e forra	Boschi freschi e umidi con uno strato arboreo multispecifico, di dominanza variabile, su pendici più o meno scoscese (*Tilio-Acerion, Carpinion betuli* p.). 41.43 Boschi alpini e prealpini di pendice 41.45 Boschi misti di tiglio termofili alpini e pre-alpini	*Acer pseudoplatanus, Acer platanoides, Fraxinus excelsior, Ulmus glabra, Fagus sylvatica, Carpinus betulus, Quercus robur, Tilia cordata, T. platyphyllos*	**Boschi di acero-frassino**	*Acer platanoides, A. pseudoplatanus, A. lobelii, A. neapolitanum, A. opulifolium, Fraxinus excelsior, Tilia platyphyllos, T. cordata, Ulmus glabra, U. canescens, Sorbus aria, Prunus avium, Prunus padus*
41.5 Querceti acidofili	Boschi di *Quercus robur* e *Quercus petraea* su suoli acidi (*Quercion robori-petraeae*) 41.59 Querceti acidofili insubrici	*Quercus petraea, Castanea sativa*	**Boschi di querce acidofile e carpino bianco**	*Quercus petraea, Quercus robur, Carpinus betulus*
41.7 Querceti termofili e supra-mediterranei	Boschi o boscaglie di zone sub-mediterranee e piano supra-mediterraneo, dominati da querce termofile decidue e semi-decidue. Possono, localmente, sostituirsi a querce sempreverdi in aree meso e termo-mediterranee e irradiare in regioni C-Eu e sub-atlantiche (*Quercetalia-pubescenti-petraeae*) 41.72 Querceti a *Q. congesta* sardi 41.73 Querceti a roverella orientali 41.74 Cerrete N-Italia 41.75 Querceti a (cerro)-farnetto meridionali 41.78 Boscaglie a *Q. trojana* 41.79 Boscaglie a *Q. macrolepis*	*Quercus pubescens, Q. congesta, Q. virgiliana, Q. cerris, Q. frainetto, Q. troiana, Q. macrolepis, Q. petraea, Q. ilex , Tilia platyphyllos, Ostrya carpinifolia, Carpinus orientalis, Carpinus betulus, Fraxinus ornus, Fraxinus excelsior, Corylus avellana, Laburnum anagyroides*	**Boschi di querce termofile e boschi misti termofili**	*Quercus cerris, Q. pubescens, Q. trojana, Q. frainetto, Q. dalechampii, Q. virgiliana, Q. macrolepis, Q. congesta, Q. crenata, Acer campestre, A. monspessulanum, Sorbus domestica, S. torminalis, Pyrus piraster, Malus sylvestris, Ulmus minor*
41.8 Ostrieti, carpineti e boschi misti termofili	Formazioni meso- e supra-mediterranee, dominate da *Ostrya carpinifolia, Carpinus orientalis, Acer spp., Fraxinus spp., Tilia spp., o Celtis australis (Ostryo-Carpinion, Aceri-Quercion faginea p., Quercion frainetto p.)* . 41.81 Boscaglie di Ostrya 41.82 Carpineti di *Carpinus orientalis* 41.84 Tiglieti mediterranei 41.85 Formazioni a *Celtis* 41.86 Frassineti termofili	*Ostrya carpinifolia, Quercus ilex, Carpinus orientalis, Fagus sylvatica, Tilia spp., Celtis australis, Fraxinus ornus, F. angustifolia, Quercus pubescens*	**Boschi di orniello-carpino nero**	*Ostrya carpinifolia, Fraxinus ornus, F. angustifolia, Carpinus orientalis, Celtis australis*
41.9 Castagneti	Formazioni dominate da *Castanea sativa*	*Castanea sativa*	**Boschi di castagno**	*Castanea sativa*
41.10 Altre formazioni	41.A Carpineti di *C. betulus* puri 41.B Boschi a Betulla su terreni non umidi 41.C Alneti non ripari o di zone umide 41.D Pioppeti di tremolo 41 E Formazioni a *Sorbus aucuparia*	*Carpinus betulus, Betula pendula, B. pubescens, B. aetnensis, Alnus cordata, Populus tremula, Sorbus aucuparia.*	**Altre formazioni minori**	*Betula pendula, B. pubescens, B. aetnensis, Alnus cordata, Populus tremula, Sorbus aucuparia.*

Tabella 3.13 – Corrispondenza fra Classificazione CORINE e tipologia IFN per i boschi di latitoglie, sempreverdi.

classe CORINE (1991)	Definizione – inquadramento fitosociologico Sottoclassi citate per l'Italia	Specie citate (per le classi italiane)	Classe IFN2000	Specie
45.1 Boschi di olivastro-carrubo	Boschi e boscaglie termo-mediterranei dominati da individui arborescenti di *Olea europaea ssp. sylvestris, Ceratonia siliqua, Pistacia lentiscus, Myrtus communis.* 45.11 Boscaglie di olivo selvatico 45.12 Boscaglie di carrubo	*Olea europaea ssp. sylvestris, Ceratonia siliqua, Pistacia lentiscus, Myrtus communis*	**Boschi di olivastro-carrubo**	*Olea europaea ssp. sylvestris, Ceratonia siliqua*
45.2 Boschi di sughera	Boschi dei mediterraneo occidentale dominati da *Quercus suber*, generalmente più termofili e igrofili di 45.3	*Quercus suber, Q. ilex, Q. pubescens*	Aggregati ai boschi di leccio-sughera	*Quercus suber*
45.3 Boschi di leccio	Boschi dominati dal leccio. 45.31 Leccete meso-mediterranee 45.32 Leccete supra-mediterranee	*Quercus ilex, Q. pubescens, Acer spp., Ostrya carpinifolia*	**Boschi di leccio-sughera**	*Quercus ilex*

Tabella 3.14 – Corrispondenza fra Classificazione CORINE e tipologia IFN per i boschi e arbusteti igrofili.

classe CORINE (1991)	Definizione – inquadramento fitosociologico Sottoclassi citate per l'Italia	Specie citate (per le classi italiane)	Classe IFN2000	Specie
44 Formazioni igrofile	Boschi di pianure alluvionali, lungo fiumi, paludi ecc. (*Salicion albae, Populion albae, Alnion incanae, Alno-Padion ecc.*) 44.1 Formazioni di ripa a Salix 44.2 Formazioni a galleria di Alnus incana 44.5 Alneti e betuleti a galleria meridionali 44.6 Boschi mediterranei a Populus, Alnus, Fraxinus 44.7 Boschi a platano orientale 44.8 Formazioni a oleandro e tamerici 44.9 Alneti-saliceti		**Formazioni igrofile**	*Salix alba, S. caprea, S. pentandra, S. fragilis, S. triandra, S. daphnoides, S. eleagnos, Alnus glutinosa, A. incana, Populus alba, P. canescens, P. nigra, Platanus orientalis, Tamarix spp. Nerium oleander, Wtex agnus-castus*

Tabella 3.15 – Corrispondenza fra Classificazione CORINE e tipologia IFN per i boschi di conifere.

classe CORINE (1991)	Definizione – inquadramento fitosociologico Sottoclassi citate per l'Italia	Specie citate (per le classi italiane)	Classe IFN2000	Specie
42.1 Boschi di abete bianco	Boschi di conifere dominati da *Abies spp. (Abietenion).* 42.11 Boschi di abete bianco neutrofili 42.12 Boschi di abete bianco calcifili 42.11 Boschi di abete bianco S-appenninici 42.11 Popolamenti relitti di *Abies nebrodensis* 42.11 Boschi di abete bianco naturalizzato	*Abies alba, Abies nebrodensis*	**Boschi di abete bianco**	*Abies nebrodensis, Abies alba*
42.2 Boschi di abete rosso	Boschi di conifere dominati da *Picea abies (Vaccinio-Piceion)* 42.21 Boschi di abete rosso subalpini 42.22 Boschi di abete rosso montani 42.24 Boschi di abete rosso meridionali 42.26 Boschi di abete rosso naturalizzati	*Picea abies*	**Boschi di abete rosso**	*Picea abies*
42.3 Boschi di larice-cembro	Boschi subalpini e talvolta montani dominati da *Larix decidua* o *Pinus cembra*, associati a *Picea abies, Pinus uncinata* (nel settore occidentale) *(Larici-Cembrion).* 42.31 Larici-cembreti orientali su substrato siliceo 42.32 Larici-cembreti orientali su substrato calcareo 42.33 Larici-cembreti occidentali con *P. uncinata* 42.34 Formazioni secondarie di larice	*Larix decidua, Pinus cembra, Picea abies, Pinus uncinata, Pinus mugo*	**Boschi di larice-cembro**	*Larix decidua, Pinus cembra*
42.4 Boschi di pino uncinato	Boschi subalpini delle Alpi dominati da *Pinus uncinata,* tendenzialmente aperti e con sottobosco arbustivo molto sviluppato	*Pinus uncinata*	Aggregati ai boschi di pini montani	
42.5 Boschi di pino silvestre	Boschi dominati da *Pinus sylvestris* 42.53 Boschi steppici C-alpini *(Onido-Pinion)* 42.54 Erico-pinete *(Erico-Pinion)* 42.59 Pinete di pino silvestre supra-mediterranee 42.5D Pinete dei terrazzi fluviali del Po 42.5E Pinete naturalizzate	*Pinus sylvestris*	Aggregati ai boschi di pini montani	
42.6 Boschi di pino nero	Boschi dominati da *Pinus nigra* s.l. 42.61 Pinete di pino nero italiane 42.65 Pinete di pino laricio 42.67 Pinete naturalizzate	*Pinus nigra, Pinus laricio*	**Boschi di Pini montani e oro-mediterranei**	*Pinus sylvestris, Pinus nigra, Pinus laricio, Pinus uncinata, Pinus leucodermis*
42.7 Boschi di pini oro-mediterranei	Boschi dominati da *Pinus leucodermis, Pinus peuce* 42.71 Boschi di pino loricato	*Pinus leucodermis*	Aggregati ai boschi di pini montani	
42.8 Boschi di pini mediterranei	Boschi di pini mediterranei e termoatiantici di pini termofili, per lo più come sostituzione o stadi paraclimacici di boschi *Quercetalia ilicis* o *Ceratonio-Rhamnetalia*. Piantagioni di lunga durata di questi pini dentro il loro areale d'indigenato e con sottobosco simile a quello di formazioni paraclimaciche sono incluse. 42.82 Boschi di pino marittimo 42.83 Boschi di pino domestico 42.84 Boschi di pino d'Aleppo	*Pinus pinea, Pinus pinaster, Pinus halepensis*	**Boschi di pini mediterranei e cipressete**	*Pinus pinea, Pinus pinaster, Pinus halepensis, Cupressus sempervirens, Taxus baccata*
42. A Boschi di cipresso, ginepro e tasso	Boschi dominati da *Cupressus sempervírens, Juniperus spp.* (arboreo) o *Taxus baccata.* 42.A7 Boschi dominati da tasso e agrifoglio	*Cupressus sempervirens, Taxus baccata, Ilex aquifolium*	Aggregati ai boschi di pini mediterranei	

Tabella 3.16 – Corrispondenza fra Classificazione CORINE e tipologia IFN per gli arbusteti temperati.

classe CORINE (1991)	Definizione – inquadramento fitosociologico Sottoclassi citate per l'Italia	Specie citate (per le classi italiane)	Classe IFN2000	Specie
31.5 Arbusteti di pino mugo	Arbusteti di pino mugo su suoli ben drenati, spesso calcarei di Alpi e Appennini *(Mugo-Rhodendretum hirsuti)* 31.51 Formazioni a pino mugo delle Alpi interne 31.52 Formazioni a pino mugo delle Prealpi 31.53 Formazioni a pino mugo delle SW-Alpi 31.54 Formazioni a pino mugo appenniniche	*Pinus mugo*	**Arbusteti montano-subalpini di conifere**	*Pinus mugo, Juniperus nana*
31.6 Arbusteti subalpini	Facies arbustiva di comunità a megaforbie, su suoli ricchi, umidi, perlopiù della parte subalpina delle montagne più alte *(Betulo-Adenostyletea)* 31.61 Alneti di ontano verde 31.62 Saliceti 31.63 Alte erbe ed arbusti	*Alnus viridis, Sorbus aucuparia, Acer pseudoplatanus, Rhamnus spp., Salix spp., Juniperus nana, Amelanchier ovalis*	**Arbusteti montano-subalpini di latifoglie**	*Salix spp. arbustivi, Betula spp. arbustive, Sorbus spp., Laburnum spp., Alnus viridis*
31.7 Ginestreti	Arbusteti primari delle montagne aride della regione mediterranea, con arbusti, spesso spinosi, come *Astragalus, Genista, Anthyllis* e varie composite e labiate. Formazioni secondarie, cuscini zoogenici spesso dominat da *Genista*. 31.75 Ginestreti sardi 31.76 Astragaleti dell'Etna 31.77 Ginestreti appenninici e delle Madonie		Aggregati agli arbusteti termofili	*Genista aetnensis*
31.8 Cespuglieti	Formazioni pre- e post-forestali, per lo più decidue, caratteristiche della zona dei boschi caducifogli, ma colonizzanti anche stazioni fresche, umide o disturbate dei boschi sempreverdi mediterranei *(Prunetalia, Cytisetalia scopario-striati, Epilobietea angustifolii)* 31.81 Cespuglieti centro-europei su suoli ricchi 31.8A Cespuglieti decidui submediterranei tirrenici 31.8B Cespuglieti decidui submediterranei sud-orientali	*Prunus spinosa, P. mahaleb, Rosa spp., Comus mas, C. sanguinea, Sorbus aria, Crataegus spp., Lonicera xylosteum, Rhamnus catharticum, R. alpinus, Clematis vitalba, Ligustrum vulgare, Viburnum lantana, V. opulus, Rubus spp., Amelanchier ovalis, Cotoneaster spp., Pyrus pyraster, Malus sylvestris, Euonymus europaeus, Corylus avellana, Ulmus minor, Acer campestre, Acer monspessulanum, Carpinus betulus, Cotynus coggygria, Pistacia terebinthus, Paliurus spina-christi, Lonicera etrusca*	**Arbusteti termofili**	*Juniperus communis, Corylus avellana, Crataegus spp., Prunus mahaleb, (Cercis siliquastrum), Cotinus coggygria, Ilex aquifolium, Buxus sempervirens, Rhamnus cathartica, Frangula alnus, Comus mas, Comus sanguinea, Styrax officinalis, Paliurus spina-christi, Lonicera spp., Clematis spp., Sambucus spp.,*

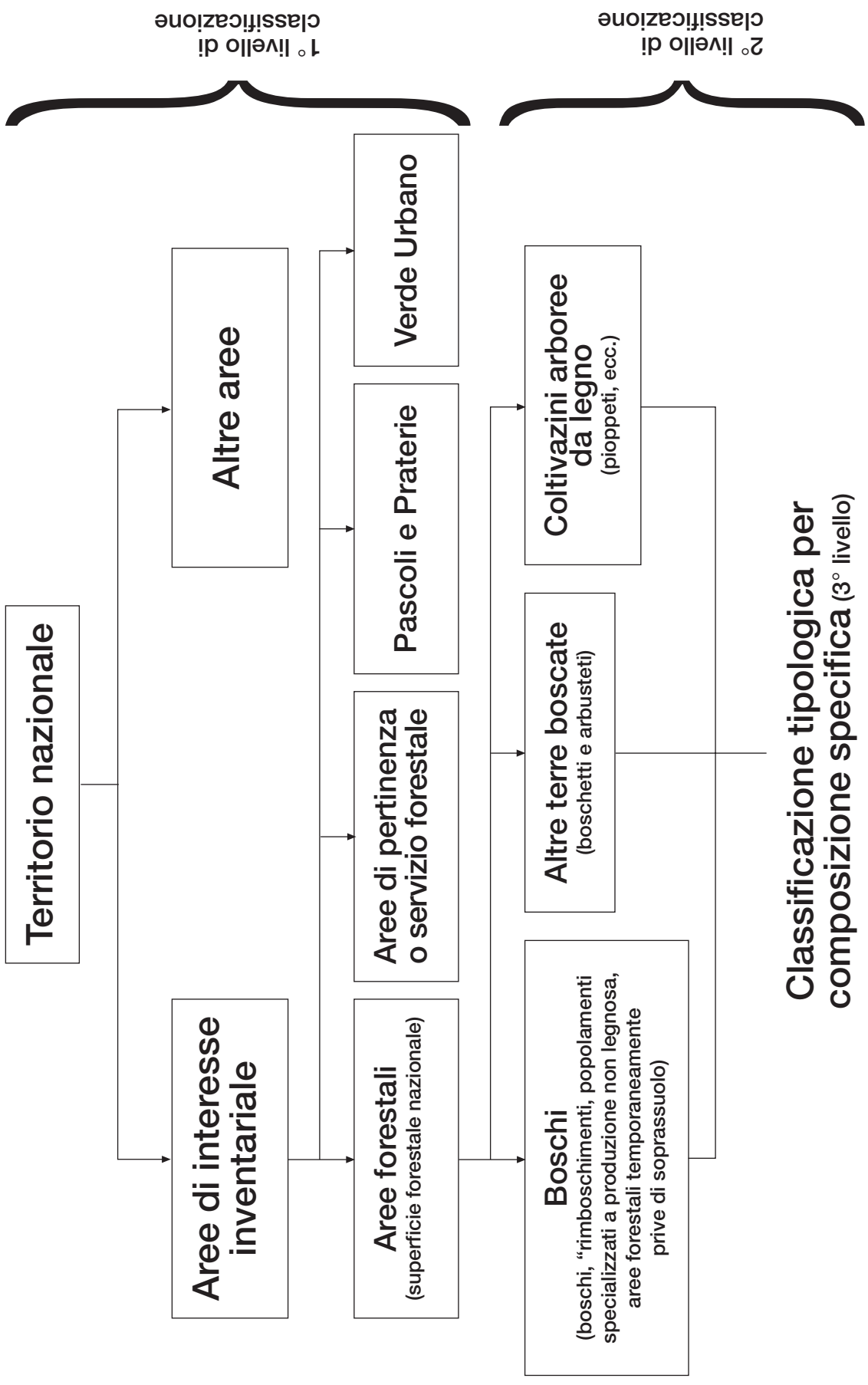
Tabella 3.17 – Corrispondenza fra Classificazione CORINE e tipologia IFN per gli arbusteti sclerofilli.

classe CORINE (1991)	Definizione – inquadramento fitosociologico Sottoclassi citate per l'Italia	Specie citate (per le classi italiane)	Classe IFN2000	Specie
32.1 Matorral arborescente	Formazioni pre- o post-forestali con una copertura più o meno densa di arbusti sempreverdi alti. Sono stadi di degradazione o di ricostituzione di boschi sempreverdi di latifoglie o loro sostituzione, intermedi fra essi e macchia o stadi di sostituzione di boschi decidui o di conifere. 32.11 Matorral di querce sempreverdi 32.12 Matorral di olivo e lentisco 32.13 Matorral a ginepro 32.14 Matorral a pini 32.1 A Matorral a *Zelkova*	*Quercus ilex, Quercus suber, Quercus calliprinos, Q. coccifera, Pistacia lentiscus, P. atlantica, Olea europaea ssp. sylvestris, Ceratonia siliqua, Mytlus communis, Juniperus oxycedrus s.l., J. phoenicea, J. communis, Pinus pinaster, P. pinea, P. halepensis, Zelkova sicula*	**Macchia alta**	*Juniperus oxycedrus, J. phoeníicea, J. sabina, Quercus coccifera, Q. ilex, Laurus nobilis, Olea europaea ssp. sylvestris, Ceratonia siliqua, Arbutus unedo, Pistacia lentiscus, P. terebinthus, Rhamnus alatemus, Erica arborea, E. scoparia, Phillyrea spp.,*
32.2 Cespuglieti termo-mediterranei	Formazioni arbustive caratteristiche della zona termo-mediterranea, indifferenti alla natura dei substrato (siliceo o calcareo). Sfumano nella phrygana (*Oleo-Ceratonion, Asparago-Rhamnion*, ecc.) 32.21 Cespuglieti termomediterranei a lentisco 32.22 Formazioni a *Euphorbia dendroides* 32.23 Garighe a ampelodesma 32.24 Formazioni a *Chamaerops humilis*	*Olea europea var. sylvestris, Pistacia lentiscus, Rhamnus alatemus, Myrtus communiis, Rubia peregrina, Thymus capitatus, Chamaerops humilis, Phillyrea angustifolia, Ph. Latifolia, Quercus ilex Q. suber, Q. coccifera, Sarcopterium spinosum, Calicotome, villosa, C. spinosa*	Aggregati alla macchia alta	
32.3 Macchie termo-mediterranee su suoli acidi	Formazioni arbustive, spesso alte e su suoli di origine silicea della zona termo-mediterranea, stadi di degradazione dei boschi sempreverdi. *Cisto-Lavanduletea, Pistacio-Rhamnetalia alatemi, Ericenion arboreae* 32.31 Macchia alta 32.32 Macchia bassa a ericacee 32.34 Macchia bassa a cisti	*Erica arborea, E. scoparia, Arbutus unedo, Quercus ilex, Q. coccifera, Pistacia terebinthus, Phillyrea lafifolia, Juniperus oxycedrus, Cistus spp., Lavandula stoechas*	Aggregati alla macchia alta o alla macchia bassa	*Vedi macchia alta o bassa*
32.4 Garighe meso-mediterranee calcifile	Formazioni di bassi arbusti, soprattutto su suoli di origine calcarea della zona meso-mediterranea. Si distinguono una decina di tipi a seconda della specie prevalente: coccifera, rosmarino, cisti, euforbie perenni, ginepri prostrati, lavanda, timo e altre labiate, ginestra, *Calicotome spp*, composite, *Erica multiflora*, …		**Macchia bassa**	*Cistus spp., Rosmarinus officinalis, Myrtus communis …*
32.7 Pseudomacchie	Stadi degradati dell'*Ostryo-Carpinion* arbustivi con un miscuglio di specie sempreverdi e decidue.	*Quercus coccifera, Q. troiana, Q. ilex, Q. pubescens, Carpinus orientalis, Ostrya carpinifolia Juniperus oxycedrus, Pistacia terebinthus, Buxus sempervirens, Ilex aquifolium*	Aggregati alla macchia alta o alla macchia bassa	

Tabella 3.18 – Corrispondenza fra Classificazione CORINE e tipologia IFN per le piantagioni.

classe CORINE (1991)	Definizione – inquadramento fitosociologico Sottoclassi citate per l'Italia	Specie citate (per le classi italiane)	Classe IFN2000	Specie
83.3 Piantagioni	*Formazioni legnose coltivate piantate spesso per la produzione di legno, composte da specie esotiche o native al di fuori dei loro areale di diffusione naturale e habitat. Include i robinieti spontanei.* *83.31 Piantagioni di conifere* *83.32 Piantagioni di latifoglie*	*Picea spp., Abies spp., Larix spp., Pinus spp., Cupressus spp., Juniperus spp., Cedrus spp., Populus spp., Eucalyptus spp., Quercus spp., Robinia pseudoacacia*	**Arboricoltura da legno**	*Abies spp., Tsuga spp., Pseudotsuga menziesii, Picea spp., Larix spp., Cedrus spp., Pinus spp., Cupressus spp., Juniperus spp., Cryptomeria japonica, Chamaecyparis lawsoniana, Thuya spp., Populus x euroamericana*
			Boschi di latifoglie naturalizzate	*Robinia pseudoacacia, Eucalyptus spp., Quercus spp., Juglans regia, Populus spp., Ficus carica, Mespilus germanica, Acacia sp., Gleiditsia triacanthos, Ailarithus altissima*
			Boschi di conifere naturalizzate	*Abies cephalonica, Abies spp., Pseudotsuga menziesii, Cedrus spp., Pinus spp., Cupressus spp.,*

Figura 3.2 – Ipotesi di razionalizzazione della ripartizione tipologica di FRA 2000.



Bibliografia

Albrecht L., 1991 – *Die Bedeutung des toten Holzes im Wald*. Forstw. Cbl. 110 (2), 106-113.

Ammer U., 1991 – *Konsequenzen aus den Ergebnissen der Totholzforschung für die forstliche Praxis*. Forst- wiss. Cbl. 110 (2): 149-157.

Balloni F., Vignoli M., Nocentini C., Chioccioli P, 1995 – *Un'applicazione forestale del GPS: L'inventario forestale della Toscana*. Sherwood, 6: 41-45.

Beers T. W., 1962 – *Components of growth*. Journal of Forestry, 60 (4): 245~248.

Bianchi M., Tosi V, 1995 – *Il rilievo degli ambienti naturali e seminaturali negli inventari forestali a grande scala*. In: Copertura forestale e territorio. Contributi metodologici e tecniche d'indagine, a cura di U. Bagnaresi e G. Vianello. CNR RAISA, Franco Angeli, Milano: 155-195.

Born J. D., Chojnacky D.C., 1985 – *Woodland tree volume estimation: a visual segmentation technique*. USDA-FS, Res. Paper iNT-344: 1-12.

Bundesministerium für Land und Forstwirtschaft, 1997 – *Bildatlas "Naturnähe österreichischer Wälder"*. Östern Forstzeitung, I. Sonderdruck: 1-39.

Castellani C., Scrinzi G. F, Tabacchi G., Tosi V, 1983 – *Inventario Forestale Nazionale Italiano. Istruzioni per le squadre di rilevamento*. Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste. Istituto Sperimentale per l'Assestamento Forestale e per l'Alpicoltura, Trento: VII + 172 pp.

Casteilani C., Scrinzi G. F., Tabacchi G., Tosi V, 1988 – *Inventario Forestale Nazionale. Sintesi metodologica e risultati*. Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste. Istituto Sperimentale per l'Assestamento forestale e per l'Alpicoltura, 364 pp. +14 cartografie. Trento.

De Vries P. G., 1979 – *Line intersect sampling. Statistical theory, applications and suggestions for extended use in ecological inventory*. In: Sampling biological populations, ed. by R. M. Cormack et al, ICPH, Fairland, USA: 1-709.

European Communities – Commission, 1991. EUR 12587 – *CORINE biotopes manual – A method to identify and describe consistently sites of major importance for nature conservation. Data specifications*. Vol. 3, 300 pp.

Faccioli A., 1998 – *Il 'Criterion': uno strumento a tecnologia laser per lavorare in bosco*. Sherwood, 35: 41-44.

FA. O., 1989 – *Towards a common framework for world forest resources assessment* Working Paper. Roma, 17 pp.

Flather C. H., Hoekstra T. W., 1989 – *An analysis of the wildlife and fish situation in the United States: 1989-2040*. USDA Gen. Tech. Rep. RM-178.

Floris A, Scrinzi G., 1995 – *GPS in foresta: esperienze d'uso*. Sherwood, 5: 33-39.

Gasparini P, 1996 – *Studio di un sistema esperto per la valutazione della qualità naturalistica della vegetazione nella pianificazione forestale.* In: Il bosco e i suoi valori. Comunicazioni di Ricerca ISAFA, 94/3: 117-144.

Herzig R., Urech M., 1991 – *Flechten als Bioindikatoren*. Cramer, Berlin, Stuttgart, 283 pp.

Heywood V. H., Watson R. T. eds., 1995 – *Global Biodiversity Assessment.* UNEP Cambridge University Press, 1140 pp.

Hunter M. L., 1990 – *Wildlife, Forests and Forestry*, Prentice Hall Career & Technology. Englewood Cliffs, New Jersey, 370 pp.

Köhl M., 1995 – *Vom ersten Landesforstinventar zur permanenten Waldbeobachtung*. Journal Forestier Suisse, 146 (12): 991-1013.

Köhl M., Päivinen R., 1997 – *Study on European Forestry Information and Communication System (EFICS). Country Report – Comparative Study*. Volume 1-2. European Commission, 1328 pp.

Köhl M., Bachmann P, Brassel P, Preto G., 1995 – *The Monte Verità Conference on Forest Survey Designs. "Simplicity versus Efficiency" and Assessment of Non-Timber Resour-*

ces. Birmensdorf, Swiss Federal Institute for Forest Snow and Landscape research. Zurich, Swiss federal Institute of technology, 316 pp.
Kovarik I., 1988 – *Zum menschlichen Einfluss auf Flora und Vegetation. Theoretische Konzepte und ein Quantifizierungsansatz am Beispiel von Berlin*. Landschafts-entwicklung. Umweltforschung, 56: 1-280. Berlin.
Kuusela K., 1994 – *Forest Resources in Europe*. European Forest Institute. Research Report l. Cambridge University Press, 154 pp.
Leone V., Saracino A., De Natale F., 1993 – *I modelli di combustibile e la previsione del comportamento del fuoco.* Cellulosa e Carta, 2: 50-58.
Lund H. G., 1998 – *IUFRO Guidelines for Designing Multipurpose Resource Inventories.* A project of IUFRO Research Group 4.02.02. IUFRO World Series, voi. 8, 216 pp.
Mac Nab W.H., 1980 – *A technique for inventorying volumes and weights of windrowed forest residues.* USDA-FS, Res. Paper SE-215: 1-8.
MAF – Direzione Generale Economia Montana e Foreste, 1993 – *Carta forestale d'Italia in scala 1:50.000 e sistema informativo geografico forestale – Regione Liguria.* Manuale di istruzione per le squadre di rilevamento. R.T.I. – Agrisiel, Aquater, Fisia, Italeco, Nomisma. Roma, 468 pp.
Marchetti M., Campaiola F., Lozupone G., Tosi V, 1998 – *Forest Clearings, Margins and Mixed Area Survey for Diversity Assessment in the Ligurian Inventory Northern Italy).* Proceedings of the Conference on Assessment of Biodiversity for Improved Forest Planning held in Monte Verità, Switzerland. Bachmann, Köhl, Päivinen eds. Kluwer Academic Publishers: 291-300.
McClure J. P., 1979 – *Multiresource inventories. A new concept for forest survey in the Southeast.* Forest Resource Inventories: Workshop proc. ed. by Frayer, Colorado State University, Fort Collins, voi. 1: 23-28.
Naveh Z., 1991 – *Biodiversità ed eterogeneità ecologica nei rilievi mediterranei.* Linea ecologica, 4: 47-60.
Niisson S., Sallnaess 0., Duinker P, 1992 – *Future forest resources of Western and Eastem Europe.* International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA). The Parthenon Publishing Group. UK and USA, 407 pp.
Pignatti S., 1995 – *Ecologia vegetale*. UTET, Torino, 531 pp.
Preto G., 1995. *Considerazioni sui sistemi di classificazione delle risorse naturali*. Rivista Italiana di Telerilevamento, 5: 35-46.
Preto G., 1997 – *La nozione di "bosco" negli inventari forestali*. Sherwood 6: 33-38.
Rice R. E., 1990 – *The importance of forest inventories to the conservation of biological diversity.* Symposium proceedings, LaBau & Cunia eds. Syracuse, New York. USDA FS. Gen. Techn. Rep. PNW-GTR-263.
Riitters K. H., Law B. E., Kucera R. C., 1992 – *A selection of forest condition indicators for monitoring*. Environmental Monitoring and Assessment, 20: 21-33.
Rothermehl R. C., 1983 – *How to predict the spread and intensity of forest and range fires.* Gen. Techn. Rep. INT-143. Ogden, UT: U.S. Dep. Agric., For. Serv., 40 pp.
Salinäs O., 1990 – *A matrix growth model of the Swedish forest.* Studia Forestalia Suecica, Uppsala, 183 pp.
Santilli F., 1994 – *Il miglioramento della capacità faunistica degli habitat agricoli.* Genio Rurale, 11: 37-44.
Scrinzi G., 1992 – *GPS: Una nuova tecnologia per il rilevamento del territorio*. Monti e Boschi XLIII, n. 4: 20-26.
Scrinzi G., Floris A., 1994 – *Limitazioni operative di GPS in ambienti ad accentuata orografia.* Monti e Boschi, XLV, n. 3: 5-9.
Shannon C.E., Weaver W., 1949 – T*he mathematical theory of communication.* Urbana Univ. Illinois Press.
Simpson E. H., 1949 – *Measurement of diversity*. Nature, 163: 688.
Söderberg U., Fridman J., 1998 – *Monitoring of Forest Biodiversity from Forest Resource*

Inventory Data. Proceedings of the Conference on Assessment of Biodiversity for Improved Forest Planning held in Monte Verità, Switzerland. Bachmann, Köhl, Päivinen eds. Kluwer Academic Publishers: 233-239.
Susmel L., 1988 – *Principi di ecologia.* CLEUP, Padova. 1180 pp.
Tosi V, Marchetti M., 1998 – 1 sistemi informativi forestali in Italia: uniformità e divergenze tra gli inventari delle risorse forestali. L'italia Forestale e Montana, 5: 220-252.
Tosi V., 1993 – *Misuriamo i boschi con il LASER: applicazioni dendrometriche ed inventariali di un nuovo strumento.* L'italia Forestale e Montana, 5: 284~295.
UN-ECE/FA0, 1997 – *Temperate and Boreal Forest Resources Assessment 2000. Terms and Definitions,* United Nations, New York and Geneva, 13 pp.
Van Wagner C.E., 1982 – *Practical aspects of the line intersect method.* Information Report PI-X-12. Canadian Forestry Service, Ontario, 11 pp.
Velez Muñoz R., 1990 – *Algunas observaciones para una selvicoltura preventiva de incendios forestales.* Ecologia, Fuera de Serie, 1: 561-571.
Wells D., 1987 – *Guide to GPS positioning*. Canadian gps Associates, Fredericton, N. B., Canada.
Zöhrer F., Forster H, Pöytaniemi A., Schindele W., 1982 – *Vier neue Stichprobenkozepte für Forstinventuren*. DFS-Deutsche Forstinventur Service GmbH. Mitteilung, 3, 59 pp.

Acronimi ricorrenti nel capitolo 3

CORINE – Coordination of Information on Natural Environment
DTM – Digital Terrain Mode]
DGPS – Differential Global Positioning System
ECC – European Communities Commission
EFICS – European Forestry Information and Communication System
FIRS – Forestry Information from Remote Sensing
FRA – Forest Rosource Assessment
GPS – Global Positioning System
IFN – Inventario Forestale Nazionale
IFNE – Inventari Forestali Nazionali Europei
IFR – Inventario Forestale Regionale
INA – Information Needs Assessment (indagine realizzata nell'ambito dello studio EFICS)
IUCN – International Union for Conservation of Nature
IUFRO – International Union of Forestry Research Organisation
LASER – Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation
LIS – Line Intersect Sampling
MRI – Multipurpose Resource Inventory
SA – Selective Availability
SIF – Sistema Informativo Forestale
TBFRA – Temperate and Boreal Forest Resource Assessment
UE – Unione Europea
UN-ECE – United Nations – Economic Commission for Europe

Capitolo 4

POSSIBILITÀ DI IMPIEGO DELLE TECNICHE DI RILEVAMENTO

SOMMARIO

4.1 Differenti tipi di telerilevamento e loro potenzialità nella classificazione del territorio pag. 122
4.1.1 Il telerilevamento aereo » 123
4.1.2 Il telerilevamento da satellite » 124
4.1.3 La misura dell'accuratezza tematica » 128

4.2 L'impiego del telerilevamento negli inventari forestali » 129
4.2.1 Il telerilevamento da aereo » 129
4.2.2 Il telerilevamento da satellite » 130

4.3 Ipotesi di utilizzo del telerilevamento in modo estensivo sul territorio italiano a fini forestali » 134
4.3.1 Prospettive di impiego delle riprese aeree nell'IFNI » 135
4.3.2 Prospettive di impiego delle immagini satellitari nell'IFNI » 138
4.3.2.1 Adozione di classificazioni di dati satellitari per una prima fase del disegno inventariale » 138
4.3.2.2 Realizzazione di una maschera bosco-non bosco » 141

4.4 Potenzialità del telerilevamento nel rilievo di alcuni attributi » 143

4.1 Differenti tipi di telerilevamento e loro potenzialità nella classificazione del territorio

In questo paragrafo si intende fornire un quadro sintetico delle tecniche di telerilevamento attualmente in uso, indicando le proprietà dei differenti sensori, soprattutto in relazione alle loro potenzialità per la classificazione della vegetazione.

Prima di introdurre brevemente i differenti sistemi di telerilevamento di cui si discute nel presente capitolo, è necessario dare qualche definizione e qualche indicazione sul particolare comportamento spettrale della vegetazione, che diviene molto importante ai fini della diagnostica. Con **telerilevamento** si definisce il metodo di osservazione della superficie terrestre e del suo ambiente, dall'atmosfera o dallo spazio, mediante l'utilizzo della radiazione elettromagnetica. Nella sua accezione corrente, questo termine indica non solo l'acquisizione di dati a distanza, ma anche l'insieme dei metodi e delle tecniche per la successiva elaborazione e interpretazione (Gomarasca, 1997). Si distinguono sistemi di telerilevamento **passivo**, che rilevano l'energia naturalmente riflessa (solare) o quella emessa (termica) dalla superficie degli oggetti, da sistemi di tipo attivo, che registrano le risposte spettrali ad una fonte di radiazione artificiale proveniente dallo strumento stesso.

Fra i sistemi attivi il più utilizzato è il radar, che opera nella regione spettrale delle microonde, a lunghezza d'onda fra 0,8 e 100 cm.

I sistemi passivi sono più diffusi e consolidati e sono rappresentati dalla fotografia aerea e dai sensori ottici, che registrano le risposte spettrali fino ad una lunghezza d'onda dell'ordine di 10 micron. Per una loro migliore comprensione, si ritiene utile fornire un quadro sintetico sulla composizione della radiazione solare o spettro solare nella figura 4.1.

Nell'analisi del contenuto informativo dei dati telerilevati occorre tener conto delle caratteristiche principali del sistema di acquisizione:

- **la risoluzione spaziale** (o geometrica), che definisce le dimensioni dell'area elementare al suolo entro cui si rileva l'energia elettromagnetica, corrispondente sull'immagine al pixel, o picture element (Gomarasca, 1997);
- **la risoluzione spettrale**, ossia l'ampiezza delle bande spettrali (intervalli di lunghezza d'onda) sulle quali il sensore effettua un'integrazione (Tonelli, 1997);
- **la risoluzione radiometrica**, corrispondente alla minima energia in grado di stimolare l'elemento sensibile affinché produca un segnale elettrico rilevabile dall'apparecchiatura e distinguibile dal rumore di fondo. È questo il parametro fondamentale che condiziona la possibilità di un sensore di avvertire la presenza di oggetti anche più minuti delle dimensioni della risoluzione spaziale (Tonelli, 1997);
- **la risoluzione temporale**, ossia il periodo di tempo che intercorre tra due riprese successive di una stessa area. Quest'ultima caratteristica in genere è utile nella descrizione di dati satellitari, che vengono acquisiti con periodicità definita.

La risoluzione spaziale e quella radiometrica risultano tanto più utili quanto maggiore è il dettaglio (e quindi la scala) che si vuole raggiungere nello studio del territorio.

La risoluzione spettrale è molto importante ai fini dello studio della vegetazione, caratterizzata da un particolare comportamento di riflessione della radiazione solare, dovuto all'attività fotosintetica, che comporta un forte assorbimento della radiazione nel blu e nel rosso. Questa infatti riflette pochissimo nella regione del blu (intorno al 4%), mediamente nel verde (intorno al 25%), poco nella regione del rosso (intorno all'8%) ed è assai brillante nell'infrarosso prossimo (per alcune specie oltre il 50%) (Tonelli, 1997).

L'analisi della riflettanza di una superficie costituisco la **firma spettrale**, "un grafico che per ogni superficie ci informa sulla capacità di riflessione in funzione della lunghezza d'onda della radiazione incidente" (Lechi, citato in Giordano, 1992).

La firma spettrale non è identica per tutti i vegetali: il tipo e la quantità di energia riflessa variano con la specie, con la fenologia, con lo stato fitosanitario, con la fisionomia delle formazioni e con la quantità e la qualità della radiazione incidente.

Sistemi di acquisizione di dati con una buona risoluzione spettrale possono pertanto facilitare nella discriminazione dei tipi vegetali.

4.1.1 Il telerilevamento aereo

Nel telerilevamento aereo si possono distinguere tre principali settori: quello più antico e consolidato delle foto aeree, quello delle riprese da videocamera e quello recente dei sensori multispettrali montati su aereo.

Riguardo alle foto aeree, queste si differenziano principalmente in base alla scala e al tipo di pellicola utilizzata.

La scala dei fotogrammi è sempre definita come scala media, non potendosi da aereo, in particolare in presenza di rilievi, effettuare riprese a scala costante. Questa dipende da due elementi fondamentali: l'altezza di volo e la lunghezza focale.

Il contenuto informativo di una foto è comunque superiore a quello che ci si potrebbe attendere dalla sua scala nominale e dipende dal potere risolutivo della pellicola utilizzata, che per quelle più moderne è molto elevato. Il potere risolutivo subisce però una degradazione a causa delle aberrazioni della lente ed è ulteriormente degradato in caso di riprese di foreste, dove il contrasto fra gli oggetti al suolo è piuttosto basso. Howard (1991), ipotizzando una risoluzione di 0,01 cm, comunque inferiore a quella raggiungibile dalle moderne pellicole, afferma che a scale fotografiche di 1:90.000 è possibile discriminare singole chiome di grandi dimensioni, a scale di 1:45.000 si possono individuare le cime delle piante di conifere (fino a 4,5 m di diametro), mentre a scale di 1: 15.000 si arriva a distinguere i rami (lunghezze di 2 m).

Generalmente si definisce piccola la scala ottenuta dai voli di alta quota, pari a circa 1:75.000, media quella intorno ad 1:30.000, e grande a partire da 1:15.000-11:10.000, ma, in particolare per studi locali, si tende a realizzare anche foto in scala molto maggiore, fino ad 1:1.000.

All'aumentare della scala aumenta il dettaglio delle riprese e quindi il contenuto informativo, ma questo può essere influenzato fortemente anche dal tipo di pellicola utilizzata. Howard (1991) ricorda che la visione stereoscopica di foto di alta quota, in scala 1:75.000-1:90.000, realizzate con film infrarosso falso colore, consente di studiare gli stessi dettagli della struttura del popolamento che potevano essere forniti da vecchie foto pancromatiche riprese in scala di circa 1:25.000.

Rispetto alla pellicola è possibile distinguere quattro tipi principali:

– film pancromatico bianco e nero;
– film infrarosso bianco e nero;
– film a colori;
– film infrarosso falso colore.

Il film **pancromatico bianco e nero** (da 350 a 680 nm) ha una sensibilità spettrale all'incirca pari a quella dell'occhio umano, ma presenta una bassa sensibilità nel verde, che lo rende poco adatto alla discriminazione di specie vegetali. Limitata è anche la sua efficacia nei casi di mescolanza di conifere e latifoglie, dove risulta più idoneo l'infrarosso.

Il film **infrarosso bianco e nero** (da 450 a 900 nm) presenta il vantaggio rispetto al precedente di cogliere le risposte spettrali oltre i 700 nm, che si diversificano molto in relazione ai vegetali, in particolare fra le due macrocategorie delle latifoglie e delle conifere. Come inconveniente, il suo potere risolutivo è inferiore a quello del film pancromatico. Questo film èprogressivamente sostituito da quello infrarosso falso colore.

Il film **a colori** registra l'immagine in colori reali, con tre differenti emulsioni fotochimiche, sensibili rispettivamente alla lunghezza d'onda fra 400 e 500 nm (luce monocromatica blu), a quella fra 500 e 600 (luce monocromatica verde) ed a quella fra 600 e 700 (luce monocromatica rossa). Inizialmente il colore non è apparso di grande aiuto nella discriminazione dei tipi forestali, laddove risultavano più significative analisi di tono e tessitura. In

seguito si è rivelato molto utile soprattutto per riprese di bassa quota (Giordano, 1992). Il maggiore vantaggio di questo tipo di pellicola è che sfrutta meglio del pancromatico le capacità dell'occhio umano, in grado di interpretare molti più colori rispetto alle scale di grigio (Howard, 1991).

Il film infrarosso falso colore consente una rappresentazione dell'infrarosso riflesso. Si tratta di un falso colore perché l'attribuzione dei colori è diversa da quella corrispondente nella realtà. In questo caso viene assegnata al rosso l'informazione dell'infrarosso riflesso, al verde quella del rosso e al blu quella del verde. Questo tipo di pellicola presenta il vantaggio di una migliore risoluzione spettrale e di un maggiore potere risolutivo rispetto all'infrarosso bianco e nero e risulta di grande efficacia nello studio della vegetazione.

Per quanto riguarda le riprese da videocamera, si registra un crescente interesse per queste tecniche, che sono state anche impiegate a fini inventariali, come nell'inventario forestale nazionale delle Filippine (Schade, citato in Howard, 1991), integrandole con immagini Landsat TM e ottenendo risultati comparabili a quelli ottenibili con foto aeree bianco nere in scala 1:60.000, ma con tempi e costi molto più contenuti.

Le riprese possono essere realizzate in pancromatico, a colori e anche in infrarosso vicino. A causa della lunghezza focale ridotta, la quota di volo deve essere bassa (500-2000 m) se si vogliono ottenere scale utilizzabili. Questo può costituire una limitazione in condizioni di volo difficili (soprattutto in zone montane).

Uno del vantaggi principali nell'uso della videocamera consiste nella possibilità di vedere l'immagine immediatamente dopo l'acquisizione, evitando così i ritardi e i costi dovuti allo sviluppo, che necessita di personale esperto, mentre fra gli svantaggi si citano la bassa risoluzione spaziale, le forti distorsioni geometriche (dovute alla piccola distanza focale), le limitate possibilità di stereoscopia, la poca flessibilità nelle combinazioni di pellicole e filtri e la scarsa esperienza nell'analisi di dati video per scopi forestali (Howard, 1991; Pitt *et al.*, 1997). L'uso di videocamere montate su aereo è sconsigliato per fini cartografici, mentre è proponibile a fini di campionamento e di stratificazione (Pitt *et al.*, 1997).

I sensori multispettrali montati su aereo, infine, rappresentano una sorta di strumento di passaggio fra la foto aerea, della quale possiedono la vantaggiosa risoluzione spaziale, e le immagini multispettrali da satellite, rispetto alle quali questi strumenti presentano spesso una risoluzione spettrale maggiore.

Questi sensori infatti forniscono il più grande numero di bande e la minore ampiezza delle singole bande possibili, ma a prezzo di molte difficoltà di correzione geometrica delle riprese e della necessità di sofisticate e costose attrezzature hardware e software per la visione stereo, che resta comunque difficile, e l'elaborazione delle immagini (Pitt *et al.*, 1997), a causa del problemi di calibrazione del sensori e di orto-rettificazione delle immagini. I sorvoli aerei sono inoltre più complessi da organizzare e notevolmente costosi (Gomarasca, 1997).

Questi sistemi sono in continua evoluzione e in Italia, nell'ambito di un progetto del CNR avviato nel 1994, il progetto LARA, è stato utilizzato il MIVIS, sensore multispettrale dotato di 102 canali, di cui 20 riprendono nel visibile, 8 nell'infrarosso vicino, 64 nell'infrarosso medio e 10 nell'infrarosso termico. La sperimentazione sull'uso di questi sistemi è molto ricca, ma ancora non si è arrivati ad una fase operativa.

4.1.2 Il telerilevamento da satellite

Dal lancio del primo satellite ERTS-1[1] (luglio 1972), poi rinominato Landsat, destinato all'osservazione della terra, sono oramai trascorsi 26 anni e i dati relativi alla superficie terrestre acquisiti da piattaforme satellitari sono diventati familiari anche ai tecnici forestali.

1. Earth Resources Technology Satellite.

Progressi notevoli sono stati fatti nella risoluzione spaziale e in quella spettrale del sensori, ma soprattutto nella messa a punto di attrezzature *hardware* e *software* per agevolare l'analisi dei dati e di tecniche idonee all'interpretazione delle immagini.

Come già accennato all'inizio di questo capitolo, occorre fare da subito una grande distinzione fra sistemi di telerilevamento passivo, che nel settore del telerilevamento da satellite sono rappresentati da una vasta gamma di sensori ottici, e sistemi di telerilevamento attivo, che consistono in radar e operano nel campo delle microonde.

Anche questi ultimi possono vantare oramai una storia ventennale di sperimentazioni e applicazioni. Il primo satellite a montare un sensore radar è stato infatti il Seasat-A, statunitense, lanciato nel 1978, che portava un sensore SAR (*Synthetic Aperture Radar*). Non sono però statunitensi i satelliti attualmente operativi nel campo dei radar, bensì europei (ERS-1 e 2), giapponesi (JERS-1) e canadesi (RADARSAT).

Il grande vantaggio dei sensori radar è che questi acquisiscono dati utili in qualunque condizione atmosferica (D'Angelo e Galli, 1996), ma sfortunatamente il loro segnale è influenzato da una miriade di fattori, come pendenza, esposizione, condizioni di umidità, microrilievo, a parte quelli legati alla struttura della vegetazione (Pitt *et al.*, 1997).

Escluso lo JERS-1, questi satelliti operano nella banda C; il contenuto informativo delle immagini prodotte per quanto riguarda gli aspetti forestali è molto ridotto e questa tecnologia appare difficilmente utilizzabile negli inventari forestali (Köhl e Päivinen, 1996). Si segnala tuttavia che, nell'ambito dell'inventario forestale finlandese, sono state condotte sperimentazioni per l'uso delle immagini ERS-1 SAR: i risultati delle ricerche mostrano che queste immagini non sono rivolte alle applicazioni forestali, ma che con analisi multitemporali, è possibile ottenere delle informazioni utili (Tomppo, 1997).

In ogni caso non si ritiene utile diffondersi ulteriormente in questa sede sulle tecniche di telerilevamento con sensori radar, poiché siamo ancora in una fase di sperimentazione e di verifica delle potenzialità operative (D'Angelo e Galli, 1996).

Come guida alla lettura del presente capitolo, nella tabella 4.1 sono illustrate le proprietà dei principali sensori ottici utilizzati nell'osservazione della terra da satellite.

Riguardo ai dati multispettrali, questi sono ripresi in diversi intervalli di lunghezza d'onda, nello spettro del visibile e in quello dell'infrarosso (vedi fig. 4.1).

Le metodologie di classificazione del territorio forestale sviluppate in questi ultimi anni hanno fatto uso soprattutto dei due satelliti multispettrali Landsat TM e SPOT (Kellenberger, in press), che, come si può notare dalla tabella 4.1, sono fra quelli di migliore risoluzione spaziale e spettrale, ma anche disponibili da più tempo, e per i quali dunque le tecniche sono oramai più consolidate. È necessario comunque segnalare per il Landsat TM le difficoltà derivate dal fallimento del lancio dei Landsat-6, previsto per il 1993, che costringono oggi ad utilizzare un sensore che ha superato il suo periodo di vita, mentre problemi analoghi, emersi con la perdita dello SPOT-3 avvenuta nel 1996, sembrano risolti con il successo del nuovo satellite SPOT-4. Per questi motivi i dati IRS-1C suscitano un crescente interesse, anche per l'elevata risoluzione spaziale (5,8 m) che raggiungono nel pancromatico. Recentemente Kellenberger (*in press*) ha confrontato, sugli stessi siti test, i risultati ottenuti nella classificazione dell'area forestale con dati multispettrali del satellite IRS-1 C, dello SPOT e del Landsat TM. Dalla sperimentazione è emerso che le tre fonti di dati sono ugualmente idonee allo scopo, anche senza integrare i dati con quelli ad elevata risoluzione del pancromatico.

Oltre alla scelta dei dati, nelle tecniche di classificazione è molto importante definire la procedura di elaborazione e interpretazione, scegliendo quella più appropriata. Il panorama delle metodologie sviluppate a questo scopo è molto vasto, e si evolve costantemente. In genere le diverse tecniche prevedono una fase preliminare molto importante di **pre-trattamento** delle immagini, in cui effettuare la correzione geometrica e quelle radiometriche (sia atmosferica che topografica), e che risulta tanto più complessa, quanto peggiore è la qua-

lità dei dati grezzi e più difficile è la geomorfologia del territorio studiato, ed una di classificazione vera e propria. La correzione geometrica e radiometrica per quanto attiene agli effetti topografici che causano differenti condizioni di illuminazione deve essere effettuata con l'ausilio di un DTM di qualità adeguata.

Nel pre-trattamento dovrebbe rientrare, soprattutto per applicazioni su territori estesi, anche un momento di stratificazione delle immagini, con la suddivisione in regioni più omogenee, sulle quali procedere separatamente con la classificazione.

La fase di pre-trattamento è molto importante e può migliorare notevolmente l'accuratezza raggiunta nelle classificazioni.

Prima di descrivere brevemente i differenti approcci seguiti nella classificazione delle immagini, si ritiene utile accennare agli **indici di vegetazione**. Si tratta di combinazioni algebriche di misure di riflettanza in due o più canali spettrali (bande) che risultano particolarmente significative in relazione ad alcuni caratteri della vegetazione. In particolare tali indici sono "correlati con i parametri associati allo stato di salute ed alla produttività delle colture" quali la densità, la copertura, la biomassa verde, l'indice di area fogliare (LAI o *Leaf Area Index*)[2] (Gomarasca, 1997). Gli indici di vegetazione inoltre possono servire come sintesi del contenuto informativo di più bande e sono utilizzati nelle procedure di classificazione, consentendo di ridurre il set di valori spettrali da considerare. Fra questi, uno del più comuni è il *normalized difference vegetation index* (NDVI – Cowell, 1974, citato in Gomarasca, 1997), dato dal rapporto tra la differenza fra la riflettanza nell'infrarosso vicino e quella nel rosso e la loro somma. Attraverso l'NDVI il fenomeno dell'assorbimento di energia nel rosso (630-690 nanometri) dovuto alla clorofilla viene messo in relazione con quello della forte riflessione nell'infrarosso vicino (760-900 nanometri), influenzato dalla struttura fogliare. Questo indice è usato in particolare per studi sulla distribuzione spaziale della vegetazione e sulle sue condizioni fisiologiche, per stime della biomassa vegetale e a scopi di monitoraggio.

Riguardo alle classificazioni, si deve innanzitutto distinguere l'interpretazione visuale delle immagini dalle procedure di analisi di tipo automatico, che prevedono l'uso di algoritmi.

Le **tecniche automatiche** possono essere a loro volta di tipo guidato, non guidato e ibrido.

La **classificazione guidata** comporta l'identificazione, la selezione e l'eiaborazione di dati di addestramento del ciassificatore sui cosiddetti *training sites*. Questi dati consentono di individuare la firma spettrale degli oggetti da classificare, sulla base della quale vengono guidate le procedure da applicare. In una prima fase del processo si registrano i valori numerici delle firme spettrali tipiche delle categorie considerate. Successivamente si confrontano i valori spettrali di ciascun *pixel* con quelli tipici delle categorie suddette in modo da poterlo assegnare alla categoria i cui valori spettrali sono più vicini (Gomarasca, 1997).

Esempi diffusi di classificatori guidati sono quello della massima verosimiglianza (*Maximum Likelihood*, MLL), di tipo statistico, basato sulla probabilità di appartenenza ad una classe, quello della minima distanza (*Minimum Distance*, MID), basato sulla distanza euclidea fra i *pixel* in uno spazio multidimensionale, dove ogni asse rappresenta una banda spettrale, quello del parallelepipedi, che delimita delle regioni dello spazio multispettrale all'interno delle quali sono comprese le diverse categorie. Oltre ai classificatori elencati, che si basano su tecniche oramai consolidate, esiste una vasta gamma di metodi nuovi, in costante evoluzione e che sembrano fornire migliori accuratezze. Si segnala in proposito il *Linear Spectral Mixture Modelling* (LSMM), un modello lineare di rappresentazione dei *pixel* misti che identifica i componenti principali di ciascuna immagine e ne stima le frazioni presenti in ciascun *pixel* dell'immagine (D'Angelo e Galli, 1996) e che è stato di recente utiliz-

2. Il LAI, o indice di area fogliare, è definito come la superficie fogliare incidente su un'unità di area. Questo parametro condiziona fortemente la firma spettrale (poiché le foglie sono le principali responsabili sia dell'assorbimento nel rosso che della riflessione nell'infrarosso vicino) e pertanto sono stati messi a punto diversi metodi di stima del LAI a partire dai dati satellitari.

zato per una classificazione dell'intero territorio del Lussemburgo (Radeloff et al., 1997). Si citano inoltre i classificatori basati sui *fuzzy sets* e quelli basati sulle reti neurali, che appaiono molto interessanti, ma che non sono da ritenersi ancora operativi.

Recentemente si stanno affermando dei classificatori che tengono conto anche dell'**analisi del contesto spaziale**, che prevedono l'integrazione di dati spaziali e spettrali, superando il limite costituito dal considerare ciascun *pixel* indipendente da quelli vicini. Sono state così sviluppate procedure che si basano su informazioni spaziali o tessiturali, spesso integrandole mediante sistemi esperti a basi di conoscenze. A questo proposito, particolare interesse rivestono alcune procedure di analisi spaziale delle immagini che sono state implementate nel *software* SILVICS (*Satellite Image Land Vegetation Integrated Classification System*) sviluppato nell'ambito del progetto FIRS[3]. Tali procedure comportano l'individuazione ed il delineamento di margini fra differenti categorie, rimuovendo le variazioni random che si verificano fra *pixel* vicini, e la segmentazione dell'immagine da satellite in regioni più omogenee (Mc Cormick, 1997).

La **classificazione non guidata** non prevede controlli al suolo e consiste in un'applicazione sui dati spettrali delle tecniche di *cluster analysis*. Questa permette di individuare automaticamente classi di *pixel*, caratterizzati da valori spettrali simili. Tali classi, definite soltanto sulla base di criteri statistici, senza disporre a priori di informazioni sulla loro corrispondenza con le coperture del suolo, vengono successivamente verificate a terra (Gomarasca, 1997).

Metodi di classificazione intermedi fra queste due grandi categorie sono quelli ibridi, che prevedono in genere una fase senza controlli a terra ed una guidata. Una tecnica di **classificazione ibrida** è stata ad esempio impiegata nel recente inventario pilota realizzato in Minnesota, su dati Landsat TM (Bauer *et al., in press*).

L'**interpretazione visuale** delle immagini da satellite è ancora oggi competitiva rispetto alle altre tecniche. L'uso di combinazioni di bande particolarmente significative da parte di un fotointerprete di buon livello (esperto del territorio che sta esaminando) produce spesso le classificazioni più accurate.

Un recente lavoro di Mas e Ramirez (1996) su di un'area del Messico di circa 4500 km^2, che mette a confronto diverse tecniche di classificazione (tecniche di massima verosimiglianza senza o con integrazione di dati ausiliari in ambiente GIS, in quest'ultimo caso con il supporto di un sistema di regole dettate da esperti e tradotte in algoritmi) con una classificazione ottenuta tramite tecniche di interpretazione visuale, conclude che l'interpretazione visuale risulta la più efficace e migliora l'accuratezza in ogni caso almeno del 10%. Le immagini di sintesi utilizzate a questo scopo erano stampe in scala 1:100.000 di combinazioni RGB 3,2,1 (a colori naturali) e 4,3,2 (in falso colore) di bande del Landsat TM. Nel caso particolare la classificazione distingueva in tutto 10 classi, di cui 4 forestali (fra cui quercia, pino, misto quercia/pino: si tratta dunque di una vegetazione piuttosto omogenea), Lo stesso lavoro citava comunque altri casi in cui la classificazione visuale era risultata migliore di quelle spettrali: ovviamente il dato varia molto in relazione all'abilità dell'interprete.

Considerazioni simili vengono fatte da Bodmer (1993) in Svizzera: prove con diversi classificatori e diverso numero di classi distinte nel territorio forestale portano a concludere che le migliori accuratezze si raggiungono con l'interpretazione visuale e quando il dettaglio non è troppo spinto (per un massimo di accuratezza del 75,6%, ma bisogna considerare che si tratta di territori alpini, quindi con morfologie molto difficili).

Dopo questa breve rassegna del metodi di classificazione attualmente in uso per le immagini da satellite, occorre soffermarsi sugli aspetti dell'**accuratezza**. Ci si riferisce in particolare all'accuratezza tematica, ossia alla corrispondenza esistente fra il dato ottenuto dalla classificazione e quello reale.

In generale c'è una stretta relazione fra l'accuratezza della classificazione, il numero

3. Vedi par. 2.3.1.1.

delle classi tematiche e la velocità e semplicità delle procedure di classificazione (fig. 4.2). All'aumentare di ciascuna di queste proprietà si registra una diminuzione delle altre (Austin *et al.*, 1996).

Comunque, a seconda del contesto, alcune procedure di classificazione risultano più efficaci di altre e, per poter effettuare un confronto, è molto utile misurare l'accuratezza raggiunta. In modo analogo, si ritiene importante fornire dei dati sull'accuratezza della fotointerpretazione di foto aeree. Questo tema dunque non è specifico dell'analisi di immagini da satellite, ma riguarda il telerilevamento in generale ed è trattato in dettaglio nel paragrafo seguente.

4.1.3 La misura dell'accuratezza tematica

La misura dell'accuratezza tematica è una stima degli errori commessi nella realizzazione di una carta tematica.

La verifica viene condotta generalmente su alcune aree, dette aree test, delle quali si conosce l'esatta classificazione. Si tratta delle cosiddette verità a terra, note grazie a rilevamenti effettuati sul terreno, oppure a mappe già esistenti e, talvolta, a foto aeree di grande scala.

Le aree di test possono essere le stesse utilizzate per l'apprendimento del classificatore, nei qual caso le stime sono piuttosto distorte, oppure possono essere scelte successivamente o estratte casualmente. Il campionamento casuale delle aree di test sarebbe il più idoneo a contenere la distorsione delle stime, ma non è adatto per fenomeni che non si distribuiscono in modo omogeneo nello spazio, e questo è sicuramente il caso dell'uso del suolo[4]. Pertanto si preferisce distribuire il campione in modo sistematico per stime dell'**accuratezza globale** e utilizzare un campionamento sistematico stratificato per stimare l'**accuratezza delle singole classi**. In questo modo si garantisce che classi poco presenti al suolo siano adeguatamente rappresentate (Lionetti, 1991).

Il confronto fra i dati rilevati nelle aree test e quelli forniti dalla classificazione viene effettuato costruendo una **matrice di confusione** o matrice errore. Si tratta di una matrice quadrata dove le colonne rappresentano le classi nei dati di riferimento, "veri", e le righe i dati ottenuti con il classificatore. Gli elementi sulla diagonale principale consentono di verificare la concordanza tra il dato reale e quello classificato. Negli altri elementi sono riportati gli errori, distinti in **errori di inserimento** (o di commistione) in classi diverse da quella reale, osservabili lungo le righe, ed **errori di omissione** dalla classe reale di appartenenza, indicati lungo le colonne. (Adami, 1989).

Dalla matrice di errori è possibile misurare l'accuratezza tramite indici che misurino la concordanza fra i dati reali e quelli risultanti dalla classificazione. Fra questi, quello che ha trovato maggiore diffusione nel telerilevamento è il **coefficiente di concordanza k** di Cohen.

Il coefficiente **k**, applicabile per scale nominali, misura le concordanze fra dati reali e risultati della classificazione, escludendo quelle attribuibili al caso. Questo indice vale 1, in caso di perfetta concordanza; è pari a zero quando i dati sono classificati in modo casuale, ma può assumere anche valori negativi, se la concordanza delle classificazioni è peggiore di quella casuale (Lionetti, op. cit.).

Oltre a misure dell'accuratezza globale, possono essere effettuate anche stime dell'accuratezza delle singole classi utilizzando un coefficiente k condizionato.

---

4. In realtà, trattandosi di riprese dall'alto, sarebbe più corretto parlare di "copertura del suolo" (*land cover*), intesa come caratteristiche fisiche e biologiche della superficie terrestre direttamente osservabili dall'alto, piuttosto che di "uso", concetto che allude alle attività umane svolte sul territorio. Nel corso di questo capitolo, tuttavia, per evitare confusione con il termine "copertura" riferito alla densità della vegetazione, si continuerà a parlare di "uso".

Altri due indici di accuratezza sono usati di frequente (Adami, *op. cit.*):

– l'**accuratezza del produttore** (dell'esecutore della classificazione), data dalla percentuale di dati corretti senza omissioni, che si ottiene dividendo l'elemento sulla diagonale principale per il totale di colonna;
– l'**accuratezza dell'utilizzatore**, o affidabilità, data dalla percentuale di dati corretti rispetto a quelli classificati, che si ottiene dividendo l'elemento sulla diagonale principale per il totale di riga.

Riguardo alle applicazioni pratiche, il limite inferiore di accuratezza ritenuto accettabile è dato da k =0,7, inferiore rispetto a quello stabilito per la percentuale di dati correttamente classificati, che è di 0,85 (Lionetti, *op. cit.*).

4.2 L'impiego del telerilevamento negli inventari forestali

Nel quadro di una crescente necessità di fornire informazioni sull'entità e sulla localizzazione geografica delle risorse forestali, l'impiego di tecniche di telerilevamento può produrre risultati sicuramente soddisfacenti.

Occorre però innanzi tutto rilevare che il dettaglio delle informazioni dipende fortemente da quello delle riprese utilizzate il quale a volte non è compatibile con obiettivi inventariali su scala nazionale.

La scelta del tipo di dati telerilevati impiegabili dunque non può prescindere dall'ambito e dalla scala di indagine.

L'adozione di una definizione di bosco quale quella proposta da FRA2000 impone una grossa limitazione: occorre lavorare su scale molto grandi, con unità minime cartografabili di almeno 0,5 ha e, nel contempo, essere in grado di apprezzare la presenza di coperture boschive fino a gradi del 10%.

Sembra opportuno in questa sede condurre una breve disamina dell'impiego di differenti supporti derivati da telerilevamento nell'ambito degli inventari europei ed anche extraeuropei.

L'attenzione sarà pertanto rivolta dapprima alle riprese aeree, sulle quali sono state condotte numerose esperienze nel corso di questo secolo e che sono oramai entrate nell'uso comune dei tecnici forestali, e in seguito alle immagini da satellite, il cui utilizzo a fini inventariali è piuttosto recente e ancora sporadico nel panorama internazionale.

4.2.1 Il telerilevamento da aereo

L'uso delle foto aeree nella realizzazione degli inventari forestali è una pratica ormai consolidata, che risale all'inizio di questo secolo, al periodo immediatamente successivo alla prima guerra mondiale.

Nel 1920, infatti, fu realizzato un inventario di una foresta boreale estesa su circa 200.000 ha in Quebec, combinando la fotointerpretazione con rilievi al suolo (Howard, 1991).

Inizialmente si tese ad utilizzare questo supporto per una prima ricognizione della vegetazione forestale nelle aree ancora poco conosciute e di difficile accessibilità e quindi nelle regioni tropicali e in quelle boreali, mentre in Europa centrale vi si ricorreva per raggiungere una migliore accuratezza in alcuni inventari a livello di distretto o di tipo assestamentale (Hildebrandt, 1992).

In ogni caso nel periodo intercorrente fra le due guerre mondiali questa tecnologia restò appannaggio di pochi specialisti e fu sviluppata soprattutto a livello sperimentale.

È a partire dal secondo dopoguerra che si può datare il passaggio ad una fase operativa nell'impiego del telerilevamento aereo per attività forestali, anche in seguito ai notevoli progressi, che portarono fra l'altro alla produzione di pellicole all'infrarosso.

Si cominciò allora ad utilizzare le foto aeree anche per inventari di aree più ampie, fino a comprendere un intero territorio nazionale (come accadde in Austria), sebbene soprattutto a fini di orientamento. I forestali europei inoltre cominciarono ad applicare la fotografia aerea per realizzare inventari di foreste tropicali. Intanto a livello sperimentale venivano sviluppati in Centro Europa metodi sempre più sofisticati per la misura di parametri quali l'altezza e il suo incremento, le dimensioni della chioma e la loro relazione con il diametro dei fusti e infine la stima del volume legnoso del soprassuoli.

A partire da metà degli anni '50 fu riconosciuto universalmente il valore delle foto aeree all'infrarosso bianco e nero nel separare i popolamenti di conifere da quelli di latifoglie, sebbene la tecnica risultasse poco adatta per gli eucalitteti (Howard, 1991).

Dagli anni '60 si cominciò a diffondere l'uso delle fotografie a colori, che permettevano il monitoraggio delle malattie e il riconoscimento di alcune specie arboree nelle zone temperate.

Una maggiore versatilità fu però riconosciuta alle pellicole all'infrarosso falso colore (IRFC): queste hanno adesso generalmente sostituito quelle all'infrarosso bianco e nero, mentre le fotografie a colori a grande, media e piccola scala sono sempre più usate nella realizzazione degli inventari forestali nazionali.

In Nord America l'US *Forest Semice* acquisisce periodicamente fotografie a colori in scala 1: 15.840, 1:20.000, 1:24.000 su tutte le foreste nazionali, mentre la fotografia a scala molto grande (1:1200) si è dimostrata idonea per un'identificazione affidabile delle singole specie nelle foreste temperate ed è usata operativamente negli inventari forestali del Canada (Howard, 1991).

Per quanto attiene all'Europa, le foto aeree sono largamente impiegate. Nell'ambito dell'inventario forestale nazionale francese, con le foto aeree si arriva ad identificare oltre 200 tipi (Wolsack, 1994) di formazioni vegetali, integrando però l'informazione con numerosi rilievi al suolo, per verificare le incertezze.

In Svizzera già nel primo inventario forestale nazionale furono utilizzate le foto aeree per distinguere il bosco dal non bosco ed identificare i punti da rilevare al suolo, mentre il secondo inventario adotta un disegno a due fasi per stratificazione. Anche in Grecia e in Portogallo le foto aeree sono state usate per la stratificazione. Altri paesi che hanno impiegato le foto aeree nella realizzazione di inventari forestali nazionali sono la Spagna, la Svezia, la Gran Bretagna, l'Olanda e il Belgio (*European Commission*, 1997).

Anche in Italia, molti inventari forestali regionali hanno fatto uso di foto aeree, sia al fine di individuare i punti bosco (Lombardia, Friuli, Liguria, Toscana, Emilia Romagna, Val d'Aosta) che per la classificazione di tipi forestali (Emilia Romagna, Val d'Aosta).

Meno diffuso è invece l'uso delle ortofotocarte nel settore forestale, ma questo, come riferisce ancora Hildebrandt (*op. cit.*), sta progressivamente affermandosi: rientra infatti nella pratica ordinaria in Nord Westfalia e Reno-Palatinato ed è stato introdotto anche in Baden-Württemberg e in Austria per speciali applicazioni. Come riportato nel rapporto dell'EFICS, per la realizzazione dell'inventario forestale nazionale tedesco, lo *screening* preliminare ai fini dell'individuazione del punti bosco, condotto su riprese aeree, utilizza indifferentemente foto aeree ed ortofotocarte, purché aggiornate. Se queste ultime sono disponibili, si ritiene che debbano essere utilizzate, pur tenendo conto delle distorsioni che possono presentare (Kleinn *et al.*, 1997). In Europa, le ortofoto, spesso integrate a foto aeree, sono state impiegate anche per altri inventari forestali nazionali (come ad es. in Belgio e in Grecia).

4.2.2 Il telerilevamento da satellite

La storia dell'uso a fini forestali del telerilevamento da satellite è più recente, come più recente è d'altronde questa stessa tecnica. Le tecniche di impiego del telerilevamento da satellite nel settore forestale sono state sviluppate in un periodo di circa 30 anni, mentre

quelle relative alla fotografia aerea sono state messe a punto in un periodo che supera i 100 anni.

Le prime riprese della terra dallo spazio risalgono infatti ai primi anni '60 (Cracknell e Hayes, 1991). Ma fu soltanto nel 1972 che gli U.S.A. lanciarono il loro primo satellite per l'osservazione delle risorse della terra ERTS-1, poi rinominato LANDSAT-1 (oggi non più operativo). Dopo un generale ottimismo sulle enormi potenzialità del satellite, divenne chiaro che tale strumento doveva essere utilizzato in connessione con le fonti tradizionali di informazione, con le foto aeree e l'osservazione a terra, per migliorare la conoscenza e la comprensione di problemi ambientali, ingegneristici ed umani (Cracknell e Hayes, *op. cit.*).

Bisogna però osservare anche che le immagini prodotte dai primi satelliti erano caratterizzate da una risoluzione piuttosto bassa (nel caso del sensore MSS montato sui primi Landsat i *pixel* erano di 80 m) e quindi spesso poco adatta a studi su scala medio-grande.

Furono comunque avviate numerose sperimentazioni sull'impiego di Landsat MSS nella classificazione del territorio forestale. Come applicazione immediata di questi dati, negli U.S.A. si realizzò una carta della copertura forestale, ma in seguito si arrivò a distinguere le conifere dalle latifoglie. In Colorado Hoffer et al. (citati in Howard, 1991) riuscirono a separare le conifere dalle latifoglie con accuratezze del 91-94%, raggiungendo invece accuratezze dei 76% nell'identificazione delle specie principali. Essi conclusero che l'utilizzo di tecniche automatiche di analisi di immagine risultava economicamente molto più conveniente rispetto a quello di analisi visuale quando si passava dal considerare territori ristretti (intorno ai 20.000 ha) allo studiare regioni più ampie (es. 1.000.000 ha). La scala massima raggiungibile con questo sensore era comunque di 1:125.000 (Howard, *op. cit.*). I risultati di molte altre esperienze di classificazione con dati MSS, finalizzati a distinguere le conifere dalle latifoglie, non superavano in genere accuratezze del 70%, inaccettabili per scopi forestali (Howard, *op. cit.*).

Nei paesi in via di sviluppo, le tecniche di analisi digitale risultavano molto più utili rispetto all'interpretazione visuale delle immagini, in particolare al fine di rilevare la presenza e l'estensione delle foreste. Si possono citare casi in cui queste immagini furono impiegate a fini inventariali, ad es. nell'inventario forestale delle Filippine condotto da Schade, integrando questa fonte a registrazioni fatte con videocamera da aereo (cit. in Hildebrandt, 1992).

L'evoluzione della tecnologia portò alla messa a punto di strumenti molto più efficaci, quali il satellite statunitense Landsat 4, lanciato nel 1982, seguito dal Landsat 5 (1984), con risoluzione spaziale di 30 m e migliore risoluzione spettrale, e il satellite SPOT 1, lanciato nel 1986, con 20 m di risoluzione nel multispettrale e 10 m nel pancromatico, seguito dallo SPOT 2 (1990) e dallo SPOT 3.

Con questi supporti, capaci di fornire informazioni più dettagliate, gli sviluppi nell'impiego delle immagini da satellite nel settore forestale sono stati rilevanti.

Ancora Hildebrandt (*op. cit.*) sottolinea che con i metodi di classificazione avanzata basati sui dati Landsat TM e SPOT HRV sono stati fatti notevoli progressi nel campo della cartografia forestale di piccola scala, sia in Europa centrale, che nei paesi tropicali. Del resto la letteratura in materia è oramai vastissima, in particolare per l'impiego oramai consolidato dei dati forniti da questi due tipi di sensori, TM e HRV. Occorre però rilevare che spesso l'esame della letteratura può essere fuorviante, anche perché esiste ben poca documentazione su tutte le esperienze che non sono state coronate da successo e sono stati invece pubblicati solo i risultati positivi, spesso conseguiti in condizioni ottimali per l'applicazione delle tecniche di telerilevamento (Köhl e Päivinen, 1996)

Sul tema dell'impiego del telerilevamento negli inventari forestali merita particolare menzione il progetto europeo FIRS (*Forest Inventory and Remote Sensing*), che si proponeva fra l'altro di utilizzare, dopo averne verificato l'operatività, i dati telerilevati come la maggiore fonte di informazione sulle foreste a livello europeo, nel quadro della realizzazione di un sistema informativo unificato sull'intero continente europeo. Fra i documenti prodotti nel corso di questo progetto risulta particolarmente utile una serie di schede sulla possibilità di

impiegare le tecnologie di telerilevamento odierne e future nel rilievo di una vasta gamma di attributi legati agli inventari (Köhl e Päivinen, 1996).

Anche dai risultati per ora ottenuti dal progetto FIRS si può evincere che l'impiego del telerilevamento (intendendo anche quello da aereo) appare molto promettente e presenta il vantaggio, rispetto ai rilievi al suolo, di assegnare una posizione a ciascuna osservazione e di riportare le posizioni con una risoluzione spaziale molto elevata. È ancora però necessario approfondire da un lato gli aspetti dell'accuratezza delle classificazioni ottenuto tramite telerilevamento, dall'altro quelli statistici poiché occorrono tecniche di campionamento adeguate all'impiego del telerilevamento. È inoltre problematica la separazione delle aree forestali dalle colture arboree (oliveti, sugherete, frutteti), che sembra difficilmente ottenibile in mancanza di dati ausiliari. Resta infine il limite di non poter individuare con strumenti di telerilevamento l'uso del suolo, bensì di poter soltanto registrare la copertura (*o land cover*) al momento della ripresa (ad es. nelle tagliate non sarà possibile individuare l'uso forestale, ma soltanto la copertura temporaneamente non forestale).

Nello stesso rapporto si rileva comunque un miglioramento notevole delle accuratezze di classificazione dell'uso forestale, in particolare nella distinzione fra conifere e latifoglie, passando dal sensore MSS dei primi satelliti Landsat a quello TM ed anche complessivamente una migliore efficienza (dovuta alla migliore risoluzione spettrale) dei dati Landsat TM rispetto a quelli SPOT.

Le buone potenzialità dei dati forniti dai sensori TM dei Landsat e HRV dello SPOT, che sono tuttora quelli più utilizzati, si scontrano però con la loro risoluzione spaziale, che permetterebbe di rilevare l'area forestale con accuratezze accettabili (> 80%) soltanto a partire da unità minime cartografabili di 10 ha.

Riguardo all'impiego dei dati telerilevati dai sensori Landsat TM e SPOT HRV negli inventari forestali, al momento attuale questo non ha ancora avuto grande diffusione, sebbene da più parti se ne evidenzino le grandi potenzialità.

Sono stati però condotti alcuni inventari pilota che ne prevedono l'impiego integrato con quello di foto aeree, come quello a quattro fasi realizzato in una regione forestale tropicale dell'India, basato su Landsat TM, foto aeree pancromatiche a scala 1:20.000, foto aeree IRFC in scala 1:10.000 e rilievi a terra (Köhl e Kushwaha, 1994) e quello da poco ultimato in un'area dei Nord Est dei Minnesota (Bauer *et al., in press*).

Riguardo a quest'ultimo occorre sottolineare che si tratta della prima esperienza di applicazione dei telerilevamento da satellite agli inventari forestali dei singoli stati condotta negli U.S.A. (gli altri stati U.S.A. adottano come dati telerilevati le foto aeree) ed è stata avviata nel quadro di un'iniziativa dell'US *Forest Service* che mira allo sviluppo di un Sistema di Inventario Forestale Annuale (AFIS – *Annual Forest Inventory System*), in cui i dati satellitari giocano un ruolo fondamentale. Anche in questo caso si è fatto uso integrato di immagini da satellite, foto aeree IRFC in scala 1:10.000 e rilievi a terra. Dopo aver suddiviso il territorio in regioni fisiografiche più omogenee, la classificazione è stata realizzata con immagini Landsat TM monotemporali, ottenendo un'accuratezza complessiva dal 64 % al 76%. Le accuratezze maggiori sono state raggiunte nella classificazione dell'uso del suolo, mentre le più basse sono state riscontrate nella distinzione delle classi spettralmente più simili (ad es. diverse classi di conifere o diverse classi di latifoglie). Le stime delle superfici sono state poi ottenute per regressione calibrando la classificazione dei dati telerilevati con quella condotta su foto aeree IRFC 1:9.400, relative alle unità primarie di campionamento, o PSU[5] (porzioni di territorio più limitate, riprese sistematicamente). Sempre in ambito nordamericano si segnala che il Canada continua ad utilizzare foto aeree e che, come prospettive future, non ha tanto preso in considerazione l'impiego di dati satellitari, quanto piuttosto quello di sensori multispettrali su piattaforma aerea (Leckie e Gillis, 1995).

Occorre ancora segnalare l'utilizzo dei Landsat TM (e, in misura minore, anche dello SPOT) nell'ambito dell'inventario Forestale Nazionale finlandese, secondo una metodolo-

5. Primary Sampling Units.

gia messa a punto dall'istituzione per la Ricerca Forestale Finlandese (METLA), per una realizzazione di un inventario "multi-sorgente"[6], successiva alla realizzazione dell'inventario forestale nazionale vero e proprio, svolta secondo il tradizionale disegno ad una fase di campionamento sistematico al suolo (Tomppo *et al.*, 1997; Tomppo, 1996). Questo secondo inventario, realizzato integrando i dati dei rilievi inventariali con altre fonti di informazione, quali la carta digitale dell'uso dei suolo, i dati catastali, i dati del "rilievo nazionale dei territorio" e il DEM[7], consente di estendere a tutto il territorio nazionale le informazioni rilevate sui punti al suolo, tramite un particolare metodo di classificazione (del *k nearest neighbouring*). Nell'inventario forestale nazionale finlandese dunque le immagini da satellite non fanno da supporto per il rilievo delle variabili di interesse, ma consentono di estendere l'informazione a quelle zone (*pixel*) del territorio non interessate direttamente dal rilievo.

Un utilizzo simile delle immagini da satellite è stato condotto nell'inventario multi-risorse della Regione Liguria (Marchetti e Lalle, 1997, Tosi e Marchetti, 1997). Si tratta di un'esperienza interessante, che ha portato alla costituzione di un sistema informativo forestale per tutto il territorio regionale. Il lavoro è stato sostanzialmente suddiviso in due momenti: la realizzazione di un inventario di tipo sistematico e la redazione di una carta forestale. Entrambi questi elaborati sono poi confluiti in una banca dati, con informazioni di tipo alfanumerico, ma georeferenziate (derivanti dalle schede di rilevamento al suolo) e strati informativi di tipo cartografico (carta della copertura forestale del territorio in formato digitale in scala di acquisizione 1:50.000). Per quanto attiene all'inventario vero e proprio, si è trattato di un disegno di campionamento a due fasi per stratificazione. La prima fase è stata condotta su foto aeree in bianco e nero in scala 1:75.000, distribuendo i fotopunti secondo un reticolo sistematico chilometrico, ed ha consentito la stima della superficie forestale. Nella seconda fase il campionamento al suolo è stato effettuato con reticolo chilometrico per gli attributi principali e rilevando alcuni attributi soltanto su maglia trichilometrica, in coincidenza con i punti dei primo inventario forestale nazionale, a fini di monitoraggio. I dati inventariali, la cui posizione era stata accuratamente rilevata con l'ausilio dei GPS, sono risultati preziosi per la classificazione successiva delle immagini Landsat TM, realizzata con immagini multitemporali e tramite un Sistema Esperto, in modo da poter ottenere un prodotto cartografico, valido supporto tecnico per le operazioni di gestione. Alle immagini Landsat TM sono state affiancate foto IRFC in scala 1:33.000 che hanno consentito di chiarire i dubbi nelle zone dove la classificazione aveva raggiunto probabilità più bassa e di classificare le zone in ombra (che comunque sfuggivano alla classificazione) e le aree percorse da incendio. Le foto IRFC sono risultate comunque indispensabili per identificare i tipi strutturali. L'esperienza condotta in Liguria evidenzia le grosse potenzialità derivate dall'affiancare un sistema informativo alla conduzione di un lavoro inventariale di tipo statistico, ma segnala nello stesso tempo l'inconciliabilità delle classificazioni delle immagini da satellite con le definizioni di bosco (nel caso specifico l'estensione minima era fissata a 5.000 m^2 in analogia con quanto suggerito nel presente studio, mentre la copertura minima risultava pari al 20%) dovute all'unità minima cartografabile, che gli autori considerano, in accordo con Preto (1997a), non possa scendere al di sotto dei 4 ha.

È interessante comunque notare come i due paesi proprietari dei satelliti in orbita finora più utilizzati per l'osservazione delle risorse naturali, gli U.S.A. per il Landsat TM e la Francia per lo SPOT, non abbiano ancora avviato un uso estensivo dei telerilevamento da satellite nei rispettivi inventari forestali nazionali. Se, come già accennato, gli U.S.A. sono prossimi a farlo dopo il buon successo dell'esperienza condotta in Minnesota, in Francia, dove si raggiungono dettagli e accuratezze nella classificazione molto elevati grazie al largo uso della fotografia aerea, non si ritiene ancora oggi lo SPOT idoneo a sostituire le foto

6. derivato da molteplici e differenti fonti (o sorgenti) di informazione
7. *Digital Elevation Model*: si tratta di un modello digitale della distribuzione delle quote sul territorio, in cui ad ogni *pixel* viene assegnata una quota. In questo lavoro oltre all'acronimo DEM, più diffuso nella letteratura straniera, si utilizza con lo stesso significato anche DTM (modello digitale dei terreno).

aeree nei rilievi inventariali (Lagarde, 1997), sebbene si cominci a prospettare un suo impiego allo scopo di monitorare i trattamenti selvicolturali ed identificare i problemi fitosanitari (Durrieu e Boureau, 1997).

4.3 Ipotesi di utilizzo del telerilevamento in modo estensivo sul territorio italiano a fini forestali

Nello studio di fattibiiità del prossimo inventario forestale nazionale assume un ruolo fondamentale l'analisi delle potenzialità delle attuali tecnologie di telerilevamento, al fine di poterle eventualmente considerare nella definizione dei disegni di campionamento.

L'impiego di dati telerilevati può infatti ridurre i costi, soprattutto limitando la necessità di effettuare rilievi diretti al suolo, che risultano attualmente i più costosi, mentre può consentire di intensificare il rilievo delle superfici forestali, ottenendo informazioni valide non soltanto a livello nazionale, ma anche per singole unità amministrative, in particolare le regioni, in alcuni contesti preziose, in mancanza di altri dati più specifici, e comunque utili in vista di un migliore coordinamento fra le diverse iniziative di rilevamento e monitoraggio delle risorse forestali.

Disporre di una banca dati georeferenziata relativa alla copertura forestale del territorio italiano facilmente aggiornabile ad intervalli regolari (senza aggravare troppo i costi) può inoltre facilitare la messa in opera di azioni di monitoraggio delle risorse forestali che assumono sempre più un ruolo decisivo, non solo in ambito internazionale, ma anche per definire linee di politica forestale a livello nazionale.

L'analisi della effettiva operatività delle odierne tecniche di telerilevamento per un'applicazione nel settore inventariale deve però confrontarsi con alcune limitazioni e in primo luogo con la definizione di bosco che si ritiene appropriato adottare per il rilievo.

A tal fine risulta ancora conveniente operare una prima grande distinzione fra dati telerilevati da aereo e dati ottenuti da satellite, sebbene i futuri progressi del telerilevamento sembrino orientati a superare questa netta distinzione. Tale distinzione poteva basarsi, oltre che sulle differenze di disponibilità delle riprese (occasionale per l'aereo, periodica per il satellite) e di costo (maggiore per i voli aerei da programmare appositamente), anche sulla diversa qualità dei dati forniti, che privilegiava la risoluzione spaziale nel telerilevamento aereo, mentre consentiva una migliore risoluzione spettrale per quello satellitare.

Attualmente si stanno affermando da un lato tecniche di telerilevamento da aereo di tipo multispettrale (a più canali) o iperspettrale (con molte bande distinte relative a piccoli intervalli di lunghezza d'onda) – che per adesso non sono però ancora operative su larga scala, a causa delle difficoltà riscontrate nella correzione geometrica delle riprese (Köhl e Pävinen, 1996) e nella selezione delle bande più significative oltre che degli elevati costi – dall'altro sensori montati su satellite con risoluzioni sempre più spinte, specialmente nel pancromatico. A questo proposito merita un cenno particolare l'avvio dei programma *Earth Watch* (Apponi *et al.*, 1997), che prevede il lancio di satelliti ad elevata risoluzione, quali *Early Bird* e *Quick Bird*, adatti per aggiornare la cartografia di grande scala, fino ad 1:5.000 per il *Quick Bird*. Alle prospettive promettenti dei progressi della tecnologia fanno però riscontro eventi imprevisti, quali i problemi intervenuti per il satellite *Early Bird*, il cui lancio è avvenuto con successo il 24.12.97, ma il contatto è durato soltanto pochi giorni – fino al 28.12.97–, e gli insuccessi anche dei satelliti Landsat 6 (lancio fallito nel 1993) e SPOT 3 (contatto perduto nel 1996) che avrebbero dovuto anch'essi essere attualmente operativi. Se non interverranno difficoltà si potrà contare sul *Quick Bird* (che avrà una risoluzione nominale nel pancromatico di addirittura 0,8 m) soltanto a partire dall'estate del 1999 e dunque sembra prematuro prevedere l'impiego operativo di questi dati, sebbene occorra prevedere disegni inventariali flessibili per uno sfruttamento adeguato di tutti gli strumenti che si renderanno disponibili in futuro.

Consapevoli dunque che in futuro le opportunità offerte dall'uno e dall'altro tipo di telerilevamento finiranno sempre più per coincidere, si ritiene ancora utile, dovendo valutare

l'effettiva operatività di queste tecniche per la realizzazione del prossimo inventario forestale italiano, trattare in modo separato il telerilevamento da aereo e quello da satellite.

4.3.1 Prospettive di impiego delle riprese aeree nell'IFNI

Come già riportato al paragrafo 4.2, l'impiego di riprese aeree negli inventari forestali è una pratica oramai consolidata e affermata non solo in Europa, ma in Italia stessa, dove molti inventari regionali sono stati realizzati con l'ausilio di questi validi strumenti.

Il supporto del telerilevamento da aereo può intervenire sia al momento della distinzione fra bosco e non bosco, sia per una vera e propria stratificazione, consentendo l'individuazione di dettaglio dei tipi forestali.

In relazione agli obiettivi perseguiti cambiano le caratteristiche tecniche richieste per le riprese aeree. In base alla qualità del materiale disponibile, negli inventari forestali in genere si opta per procedere ad una semplice individuazione dei punti bosco o ad una classificazione di maggior dettaglio.

In genere riprese in bianco e nero e in scala medio-piccola (≤1:30.000) sono ritenute utili per il riconoscimento dei punti bosco, come ad es. nell'inventario svizzero e in quelli della Gran Bretagna e della Spagna, ma queste affermazioni risultano poco significative se non si tiene conto delle definizioni di bosco, che differiscono notevolmente fra i diversi inventari[8].

Riguardo al prossimo inventario forestale nazionale, la definizione di bosco proposta risulta compatibile con l'uso di foto aeree.

Come già verificato nel corso della realizzazione di diversi inventari regionali italiani basati sulla stessa definizione FAO, i parametri fissati (5000 m^2 10% di copertura, 20 m di larghezza, 5 m di altezza) permettono infatti l'identificazione dei boschi con facilità non solo in campagna, ma anche su riprese aeree a piccola scala, fra 1:30.000 e 1:50.000 (Preto, 1997b). In Liguria l'individuazione dei punti boscati è stata realizzata con le riprese in bianco e nero dei volo Italia IGM dei 1990, in scala 1:75.000 (Tosi e Marchetti, 1997). L'impiego di foto aeree può costituire anche un vantaggio nel rilievo di detti parametri, come accade per la copertura, la cui stima risulta più agevole dalle foto (mediante apposite scale di densità) piuttosto che nel rilievo di campagna (Preto, 1997b).

A questo proposito Howard (1991) segnala però una tendenza generale a sovrastimare la copertura delle chiome con la fotointerpretazione, che si accentua al diminuire della scala, ma anche all'aumentare delle dimensioni degli alberi, con il passaggio dalle pellicole pancromatiche a quelle di tipo infrarosso e nelle riprese di prima mattina o di tardo pomeriggio (quando le ombre sono più lunghe). In una foresta di scierofille in Australia, l'autore ha riscontrato differenze fra le stime fotografiche realizzate con pellicole pancromatiche e le misure a terra, che risultavano in media inferiori al 10% per scale di 1:10.000 e di poco superiori per scale di 1:15.000.

Nello studio condotto per il progetto FIRS[9], che mirava a stabilire proprio l'operatività di differenti tecniche di telerilevamento nell'ambito degli inventari forestali (Köhl e Päivinen, 1996), è stata accertata la fattibilità (con accuratezze maggiori dell'80%) dei rilievo dell'area forestale fino ad un dettaglio di 0,5 ha, per mezzo delle foto aeree IRFC in scala 1:30.000. Con tali foto è risultata altrettanto affidabile l'identificazione allo stesso dettaglio delle cosiddette "altre terre boscate", con copertura arborea pari al 5-10%, e quella della copertura delle chiome, fino ad intervalli di 5%.

Meno efficaci risultano invece le foto in bianco e nero in scala 1:75.000, per le quali è stato concluso che è possibile individuare l'area forestale con accuratezze superiori all'80% soltanto a partire da dettagli di 1 ha, mentre per stime accurate delle "altre terre boscate" bisogna scendere a risoluzioni spaziali di 10 ha.

Uno strumento affine alle foto aeree, che può rivelarsi particolarmente utile soprattutto in

8. Vedi tab. 3.1.
9. Vedi par. 2.3.1.1.

questo ambito, è rappresentato dalle ortofoto. Queste uniscono alla ricchezza di informazioni fotografica, la precisione metrica. La possibilità di disporre di ortofoto digitali riduce i tempi e i costi della fotointerpretazione, sebbene non tutte le distorsioni possano essere eliminate dalla proiezione, mentre la perdita della stereoscopia comporta alcune limitazioni alle possibilità di fotointerpretazione. L'uso di questi strumenti, come riportato al par. 4.2. 1, si sta diffondendo negli inventari forestali, soprattutto ai fini della distinzione fra bosco e non bosco. Anche in questo caso le caratteristiche tecniche dei prodotti, in relazione al loro possibile utilizzo, risultano molto importanti. Questi dovranno essere il più possibile aggiornati e derivati da voli di scala compatibile con la definizione di bosco considerata.

Per quanto riguarda il territorio italiano si prospetta l'impiego di ortofoto digitali, al fine di identificare i punti bosco. Si è resa infatti disponibile una copertura di tutto il territorio nazionale costituita da ortofoto digitali in scala 1: 10.000, derivate da voli aerei piuttosto recenti, effettuati nell'estate dei 1997, in scala media 1:40.000 e ortoproiettati, con esclusione delle fasce di altitudine superiore ai 2.000 m. Tale prezioso strumento, realizzato dall'AIMA, può rendere molto agevole la fotointerpretazione per il riconoscimento dei punti bosco, riducendo tempi e costi di queste operazioni. Resta il limite della mancanza di riprese per la zona di più alta montagna, a quote superiori ai 2.000 m. Tale restrizione non appare molto grave, considerato che il limite superiore della vegetazione arborea, alle nostre latitudini, non si spinge molto oltre. In ogni caso, per la ricognizione dei territorio non coperto dalle ortofoto, sarà possibile integrare il materiale fotografico fornito dall'AIMA con quello proveniente da altri voli recenti già disponibili, o eventualmente da realizzare *ad hoc*.

Nel caso di utilizzo delle foto aeree per classificazioni di diversi tipi forestali all'interno della categoria bosco (stratificazione), risulta molto importante disporre di foto di grande scala, realizzate con pellicole a colori e preferibilmente all'infrarosso falso colore. Secondo Howard (1991) la fotografia a colori è spesso essenziale per identificare le specie e i tipi forestali. Lo stesso autore ritiene che sia preferibile usare film di tipo infrarosso falso colore quando la distinzione tra i tipi forestali comporta differenze nel LAI (*Leaf Area Index*)[10], nelle condizioni di salute o di copertura dei bosco.

Occorre sottolineare che la qualità della foto interpretazione dipende dalla variabile temporale (epoca in cui viene effettuata la ripresa), dalle caratteristiche tecniche della ripresa (materiale sensibile, filtri, apparecchiature di registrazione delle immagini, caratteristiche del volo, situazione meteorologico-ambientale, modalità di trattamento e di sviluppo della ripresa) e dall'abilità dell'operatore (Preto, 1994). È sicuramente fondamentale che la fotointerpretazione sia condotta da personale qualificato, sia in termini di preparazione tecnica che di conoscenza del territorio in cui dovranno operare. Una buona accuratezza potrà essere garantita solo prevedendo anche momenti di verifica al suolo dell'interpretazione effettuata, che devono essere considerati nella stima dei tempi e dei costi della fotointerpretazione (Preto, 1994). Nell'inventario forestale nazionale francese, ad esempio, si effettuano controlli in campo su circa il 13% dei fotopunti (Lagarde, 1997).

È dunque importante prevedere anche una fase di raccolta al suolo di chiavi di interpretazione idonee in relazione al tipo di materiale utilizzato. Quest'ultimo deve risultare quanto più omogeneo possibile e a tal fine devono essere definiti con chiarezza gli standard da rispettare nella produzione delle immagini.

La visione stereoscopica risulta inoltre fondamentale per il riconoscimento dei tipi di vegetazione (Pitt *et al.*, 1997). Howard (1991) riporta che per l'individuazione di tipi forestali nelle foreste temperate dell'Europa centrale si ricorre generalmente a fotogrammi in scala da 1:10.000 a 1:20.000; a questo scopo, mentre per le scale più piccole diventa particolarmente significativa l'analisi dei tono (della tessitura), per quelle maggiori (a partire da 1:15.000) si tende ad utilizzare coppie stereoscopiche di fotogrammi, al fine di sfruttarne appieno il contenuto informativo.

Anche la data delle riprese è importante e per il nostro Paese le riprese ottimali sono

10. Vedi nota n. 1 par. 4.1.2.

quelle effettuate fra la tarda primavera e l'inizio dell'estate: foto scattate in piena estate (luglio-agosto) e nelle ore centrali della giornata possono presentare gravi problemi di sovraesposizione e di contrasto (Ambrosini *et al.*, 1994).

Altrettanto significative sono le caratteristiche delle riprese aeree, come già illustrato nel par. 4.1.

In questa sede si ricorda che per una buona identificazione dei tipi forestali si ritiene importante disporre di foto infrarosso falso colore, realizzate in scale grandi, in media 1:15.000[11]. Foto di questo tipo sono state già adottate per inventari forestali nazionali, consentendo di distinguere le specie arboree come ad es. in Portogallo. Dall'esperienza condotta in questo paese è emersa qualche difficoltà nel lavoro dei fotointerpreti che avevano poca familiarità con questo tipo di riprese, anche a causa dell'eterogeneità dei colori ottenuti in giorni differenti per uno stesso strato (Tomé *et al.*, 1997). Riprese analoghe sono utilizzate in Francia per le zone più difficili, in particolare nelle regioni mediterranee, preferendole alle foto in scala 1:17.000 (o, nelle zone più facili, 1:20.000), sempre all'infrarosso, adottate per il resto del territorio (Lagarde, 1997).

Riguardo all'accuratezza di fotointerpretazioni condotte sul territorio italiano a fini inventariali, appaiono interessanti i risultati di una verifica condotta sulle operazioni di fotointerpretazione effettuato nel corso dell'inventario forestale regionale della Sardegna. In questa occasione erano state realizzate sia una classificazione dell'uso del suolo (ad un primo livello gerarchico) che una classificazione di tipologie forestali, utilizzando foto aeree pancromatiche, non aggiornate, in scala media 1:33.000. Dal controllo, basato su 28.679 punti estratti casualmente all'interno delle diverse categorie fotointerpretate, è risultata un'accuratezza globale abbastanza elevata per il primo livello gerarchico (k = 0,93) e più bassa per il secondo (k = 0,82 circa). Considerate le caratteristiche tecniche delle riprese utilizzate, si ritiene che questi valori confermino l'effettiva affidabilità di fotointerpretazioni dei tipi forestali, soprattutto se condotte con foto più recenti e a scala maggiore (Preto, 1994). Nell'ipotesi di utilizzare inoltre emulsioni a colori o all'infrarosso falso colore, prospettata in alcuni dei disegni proposti da questo studio, si ritiene che l'accuratezza potrà essere ulteriormente migliorata.

In proposito, nello studio precedentemente citato realizzato dal FIRS (Köhl e Päivinen, 1996) è risultato che con foto aeree IRFC 1:30.000 è possibile ottenere accuratezze superiori all'80% nell'identificazione delle singole specie, con dettaglio anche maggiore di 0,5 ha, mentre con foto in bianco e nero in scala 1:75.000 si possono identificare gruppi di specie a partire da un dettaglio di 0,5 ha. Anche studi condotti in Italia (Vignali et al., 1994) confermano che riprese aeree all'infrarosso falso colore in scala 1:33.000 consentono di individuare la composizione specifica oltre ai caratteri strutturali dei boschi (tipo di governo, densità).

A scale maggiori, con foto IRFC 1:25.000, in Belgio, per l'interpretazione delle specie arboree e dei tipi forestali è stato commesso un errore inferiore al 6% (Lejeune *et al.*, citato in Köhl e Päivinen, 1996).

Per scale similari, invece, in un'analisi comparativa di materiale fotografico diverso condotta in Italia sulla foresta di Vallombrosa (Firenze), le riprese pancromatiche sono risultate molto meno efficaci. In quell'occasione si è concluso che le foto in bianco e nero in scala minore di 1:25.000 sono pressoché inutilizzabili per discriminare diversi tipi forestali, a meno di non disporre di stereoscopi a fortissimo ingrandimento (Ambrosini *et al.*, 1994).

In conclusione si può ritenere sicuramente possibile un impiego del telerilevamento da aereo (con caratteristiche opportune) nel prossimo inventario forestale nazionale, come prima fase campionaria di disegni a più fasi. Nel caso si voglia spingere in dettaglio la classificazione, è necessario però prevedere nel disegno una procedura di correzione degli errori di classificazione.

---

11. Secondo Howard (1991) spesso, al fine di identificare le specie, si preferiscono scale maggiori di 1:10.000.

4.3.2 Prospettive di impiego delle immagini satellitari nell'IFNI

Si può pensare all'impiego di immagini da satellite nella realizzazione dell'inventario forestale nazionale italiano a due diversi livelli di dettaglio:
– ad un livello più spinto, nella stratificazione all'interno dell'uso forestale, arrivando a distinguere differenti tipi forestali;
– limitandosi ad individuare le superfici forestali, adottando un'apposita maschera.

I problemi da affrontare nei due casi sono diversi, soprattutto in relazione all'accuratezza che, in tutte le esperienze di classificazione, tende a ridursi all'aumentare del dettaglio richiesto. Come si tenterà di chiarire nel corso di questo paragrafo, i livelli di accuratezza raggiungibili in una classificazione dei tipi forestali da realizzare sull'intero territorio italiano sono piuttosto bassi, sicuramente molto inferiori all'80%, e pertanto non accettabili per poter ipotizzare una solida stratificazione iniziale, preliminare all'attuazione di un disegno monofasico, né per realizzare una cartografia con caratteristiche operative.

Restano comunque degli aspetti comuni ad entrambi gli obiettivi, legati in primo luogo alla definizione di bosco. Nell'ipotesi di adottare la definizione di bosco messa a punto dalla FAO per FRA 2000 (*Forest Resources Assessment* previsto per l'anno 2000), che fissa l'estensione minima del bosco pari a 5000 m^2 e la copertura minima pari al 10%, emergono subito alcuni problemi connessi all'impiego dei dati satellitari attualmente disponibili.

Prima di analizzarli, si segnala che in questa sede si fa ancora riferimento ai dati Landsat TM e SPOT HVR, che sono quelli sui quali l'esperienza è ormai consolidata, sebbene sia in atto una rivalutazione dei dati del satellite indiano IRS-1 C, con una migliore risoluzione spaziale (circa 6 m nel pancromatico e 23 m nel multispettrale), e delle esperienze di integrazione dei dati multispettrali con dati pancromatici (Kellenberger, *in press*).

Riguardo all'utilizzo dei dati registrati dai satelliti con sensori radar (fra i quali si citano ERS-1 e ERS-2), si tratta di una tecnologia promettente, ma ancora poco consolidata e dunque non operativa (Köhl e Päivinen, 1996; D'Angelo e Galli, 1996) e pertanto non sarà considerata nel seguito di questa breve analisi[12].

4.3.2.1 Adozione di classificazioni di dati satellitari per una prima fase del disegno inventariale

Nell'ambito dell'inventario forestale nazionale, l'applicazione estensiva di tecniche di classificazione di immagini da satellite sul territorio italiano presenta le seguenti difficoltà:
– territorio esteso;
– geomorfologia complessa;
– copertura eterogenea e frammentata.

Territorio esteso

Le classificazioni delle immagini da satellite risultano tanto più accurate quanto più limitato è il territorio di studio. Su territori estesi si raggiungono accuratezze più basse e in genere in queste applicazioni si tende a sottolineare la difficoltà di mettere a punto metodologie di validità generale. Radeloff *et al.* (1997), a proposito di una classificazione del territorio forestale condotta in Lussemburgo, evidenziano che i loro risultati non hanno riguardato un'area ben nota di studio, ma un intero paese, caratterizzato da condizioni ecologiche molto variabili. Bauer et al. (*in press*), nella loro esperienza pilota di inventario dei Minnesota, che prevedeva anche l'impiego di immagini Landsat TM, ribadiscono che "la classificazione di un territorio esteso è un problema difficile, che probabilmente si traduce in un'accuratezza di classificazione minore di quella risultata in applicazioni effettuate in passato che consistevano tipicamente in classificazioni di piccole aree". In Italia, Rodolfi

12. vedi anche par. 4.1.2.

et al. (1994), alle prese con una classificazione di un bacino esteso 800 km^2, mettono in rilievo la difficoltà dello studio che riguarda un'area vasta (con un aumento della variabilità territoriale e quindi anche di quella fra le classi spettrali) e morfologicamente complessa.

Può infatti accadere che piante forestali della stessa specie, ma che crescano su suoli differenti, o sotto regimi climatici leggermente diversi, mostrino differenti caratteristiche spettrali quando sono riprese da un sensore quale il Landsat TM. Una simile variabilità spettrale può anche essere riscontrata nelle colture agricole ed in altre categorie di uso dei suolo (Stewart e Lillesand, 1995).

Quando si deve trattare con territori estesi sta diventando pratica consolidata la suddivisione (o stratificazione) preliminare dell'immagine in regioni più omogenee (ad esempio in regioni fisiografiche), sulle quali vengono successivamente effettuate analisi distinte. Ciò permette di ridurre nella classificazione la confusione fra classi di uso del suolo, riducendo la variabilità spettrale all'interno delle singole regioni. A tali strategie è stato necessario far ricorso sia per l'inventario pilota dei Minnesota (38.019 km^2) , dove sono state distinte 8 subregioni (derivate da regioni fisiografiche) al fine di migliorare l'accuratezza complessiva dei 10-15% (Bauer *et al., in press*), sia per la classificazione condotta sull'intero territorio dei Lussemburgo (2.586 km^2), dove per ottenere delle accuratezze soddisfacenti sono state distinte e trattate separatamente due regioni fisiografiche (Radeloff et al., 1997). La suddivisione dell'immagine in regioni più omogenee può essere utile anche su territori piuttosto circoscritti, quando questi si presentino molto eterogenei. È questo un caso molto diffuso sul territorio italiano e in particolare si cita l'esempio di uno studio condotto nella Provincia di Trento, su di un'area di 440 km^2, dove è stato necessario far ricorso a 6 differenti regioni (Patrono *et al.*, 1995). Questi esempi trovano anche riscontro in altri studi che indicano che una separazione di differenti regioni prima di effettuare la classificazione porta ad un miglioramento dei risultati (Hill, Lillesand, citati in Radeloff *et al.*, 1997).

La stratificazione dell'immagine, effettuata nelle più recenti classificazioni dell'uso dei suolo, è stata basata a volte sulle regioni fisiografiche, altre volte sulla definizione di ecoregioni, o su criteri topografici. La selezione dei criteri specifici di stratificazione da adottare deve essere determinata a livello regionale (Stewart e Lillesand, 1995). È dunque necessario definire dei validi criteri di suddivisione del territorio che contribuiscano a migliorare l'accuratezza.

In ogni caso, anche ricorrendo alla stratificazione, l'accuratezza si riduce fortemente quando si scende a dettagli maggiori della semplice distinzione di conifere e latifoglie, sebbene in classificazioni messe a punto su piccoli territori possa raggiungere livelli molto buoni (> 90%) anche a dettagli notevoli.

Un altro problema non secondario che si deve affrontare quando si lavora su territori estesi è la necessità di realizzare una copertura di tutto il territorio in tempi ragionevolmente brevi, acquisendo le immagini relative a determinati particolari periodi dell'anno che siano notevolmente significativi, nei quali la vegetazione sia in piena attività fotosintetica e le foglie si siano pienamente sviluppate. Occorre dunque disporre di immagini registrate in estate, senza andare né troppo indietro, fino al rischio di riprendere popolamenti ancora in stasi vegetativa, né troppo avanti nella stagione, quando i raggi dei sole si inclinano troppo, influenzando le condizioni di illuminazione e producendo più ombre (Kellenberger, *in press*). Nelle aree mediterranee, inoltre, si rischia di cogliere popolamenti in stasi vegetativa, anche in piena estate, nei periodi più secchi. Quindi per coprire il territorio nazionale bisogna adattare le date delle riprese al clima locale.

Se l'elevata probabilità di riscontrare una copertura nuvolosa alle latitudini della nostra penisola rende già piuttosto complesso raggiungere questo obiettivo, ancora più problematico appare l'ottenimento di coperture multitemporali (in periodi diversi dello stesso anno), che d'altro canto risulterebbero molto vantaggiose[13] per la realizzazione della classificazione. In uno studio relativo all'applicazione del telerilevamento in agricoltura sul territorio nazionale (Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste, 1989), dove si ipotizzava l'utilizzo di immagini Landsat TM, lo stesso problema aveva portato ad escludere un approccio multitemporale.

Geomorfologia complessa

Il territorio italiano è situato per più dei 70% in zone collinari o montane, con rilievi anche particolarmente elevati, in particolare nell'arco alpino.

Questa morfologia così accidentata causa grosse distorsioni nelle riprese e determina grandi differenze nelle condizioni di illuminazione delle diverse parti di una stessa immagine, oltre a generare delle zone d'ombra molto accentuate di difficile classificazione. Le aree non illuminate direttamente sono infatti soggette, a seguito della diffusione, a contrasti crescenti con la lunghezza d'onda fino alle ombre totali nelle bande dell'infrarosso riflesso di lunghezza superiore ad un micron. Le condizioni topografiche influiscono sia sulla geometria dell'immagine che sulla radiometria. Quest'ultima è influenzata anche dalla posizione del sole oltre che dalla topografia. Si tratta di un problema importante per le classificazioni forestali, che spesso si trovano nelle regioni più montuose (Mc Cormick, 1994).

Applicando opportune procedure di correzione che prevedono l'uso di un DTM (*Digital Terrain Model*) è possibile ridurre la variabilità delle firme spettrali di tipologie forestali nelle aree più accidentate. Il DTM risulta indispensabile sia al fine di effettuare una buona georeferenziazione, sia per correggere le distorsioni dovute alla topografia, sia per risalire alle diverse condizioni di illuminazione dei *pixel*.

La qualità del DTM, in termini di dettaglio e accuratezza, è pertanto fondamentale, perché può condizionare la qualità dell'analisi delle immagini e quindi anche l'accuratezza raggiunta nelle classificazioni. Il DTM dovrebbe avere una risoluzione migliore o almeno uguale a quella della scena da satellite (Itten *et al.*, 1992). Problemi nella correzione geometrica delle immagini dovuti probabilmente alla qualità del DTM (o a quella dei *software* utilizzato per la correzione) sono emersi nel corso della realizzazione del progetto CORINE, di cui si parlerà più avanti (Annoni e Cumer, 1995). In ogni caso, anche prevedendo una correzione ottimale, per le classificazioni di territori montani resta il limite insuperabile della generazione di ombre che risultano comunque non classificabili e che devono essere interpretate con altri metodi. In alcune zone montuose le ombre possono costituire una parte considerevole del territorio.

Copertura eterogenea e frammentata

Un ultimo e non irrilevante problema è rappresentato dal carattere fortemente frammentario della copertura dei territorio italiano. Questo porta ad un numero cospicuo di *pixel* misti. Si tratta di *pixel* la cui risposta spettrale non è riferibile ad un solo tipo di copertura, ma alla combinazione di due o più tipi, che portano ad una risultante condizionata sia dalla radianza dei singoli tipi componenti sia dalla loro rappresentatività in termini di porzione dei *pixel* occupata. Questi *pixel* sono di interpretazione più difficile e il problema è tanto più grave quanto meno spinta è la risoluzione e dunque è più sentito nel caso dell'impiego di dati Landsat TM (30 m) piuttosto che di SPOT HVR (20 m) o di IRS (23 m).

La difficoltà di realizzare classificazioni delle formazioni forestali da immagini da satellite, anche ad alta risoluzione, come SPOT e Landsat TM, in regioni come la nostra, "con foreste molto parcellizzate e forme d'uso del suolo assai diversificate in ambiti spaziali relativamente ridotti", è stata evidenziata anche da Preto (1994).

La carta di CORINE Land Cover

Nonostante le difficoltà precedentemente elencate, occorre ricordare che un'esperienza di classificazione della "copertura" dei territorio è stata già condotta su tutta la

13. Al fine di classificare accuratamente i tipi vegetazionali a partire dai dati da satellite, è infatti necessario utilizzare immagini da satellite di differenti date durante la stagione vegetativa. Differenze nella risposta spettrale in differenti stadi fenologici permettono di distinguere fra tipi di vegetazione che appaiono simili in un'immagine di una singola data. Sfortunatamente, il basso tasso di ripetizione del Landsat TM (16 giorni) spesso limita la disponibilità di immagini libere da nuvole nel corso di uno stesso anno (Radeloff *et al.*, 1997).

superficie nazionale. Si tratta dei progetto di CORINE *Land Cover*, di cui si è già parlato nel capitolo 2, come iniziativa europea che potrebbe avere anche dei risvolti operativi in ambito inventariale. La classificazione ha identificato 44 classi e fra queste ha distinto alcune grosse categorie nel territorio forestale (le zone boscate vere e proprie distinte in foreste di latifoglie, di conifere e miste, la vegetazione arbustiva e/ o erbacea, distinta in pascoli naturali, brughiere e cespuglieti, vegetazione di scierofille, fasce di transizione arbusteto/bosco).

È stata vagliata anche l'ipotesi di ricorrere per il prossimo inventario forestale nazionale alla classificazione di CORINE *Land Cover*, ultimata recentemente e realizzata a partire da immagini Landsat TM. Nell'impiego di questo elaborato si ponevano però alcuni problemi. Il principale era dovuto alla definizione di bosco adottata dall'inventario che non può coincidere con quella impiegata da *CORINE* dal momento che l'unità cartografica era di 25 ha. CORINE *Land Cover* è stata infatti concepita soprattutto come strumento di monitoraggio ambientaie a livello internazionale. Un altro problema importante riguardava la qualità dei dati, piuttosto eterogenea come frutto delle difficoltà incontrate nella stessa conduzione del progetto CORINE, e che sono in parte quelle che si dovrebbero ancora affrontare nel predisporre un sistema di classificazione per l'intero territorio nazionale.

Fra queste si segnalano:

– l'eterogeneità dei dati a disposizione (documenti ausiliari necessari per l'interpretazione: foto aeree, carte tematiche, dati statistici), problema che si riproporrebbe se si volesse effettuare una classificazione su tutto il territorio italiano con l'apporto di dati ausiliari;
– le difficoltà di correzione geometrica causate in primo luogo dalla morfologia complessa del territorio e dalla presenza di differenti fusi geografici, difficoltà che hanno inciso anche sulla fase successiva di mosaicatura delle immagini (Annoni e Cumer, 1995).

Occorre infine evidenziare che il progetto CORINE *Land Cover* è stato basato sull'interpretazione visuale di stampe delle immagini Landsat TM in scala 1:100.000 (tecnica compatibile con lo scarso livello di dettaglio richiesto) e che quindi in questa occasione non è stata predisposta alcuna metodologia di interpretazione automatica a cui si possa far riferimento.

Sulle possibilità di integrazione della carta digitale di CORINE *Land Cover* con i dati inventariali si ricorda l'esperienza francese, condotta nella regione amministrativa dell'Alsazia (Wolsack, 1994), che ha messo in luce le difficoltà di ottenere una compatibilità geometrica, dovute alle forti differenze di scala, che nei caso dell'IFN francese è di 1:25.000, con unità minima cartografabile pari a 2,25 ha, mentre per CORNE è dì 1:100.000, con unità minima di 25 ha.

4.3.2.2 Realizzazione di una maschera bosco-non bosco

Come si può concludere dalla precedente analisi, l'impiego dei dati satellitari neli'inventario forestale nazionale presenta numerosi problemi, che sono tanto più limitanti quanto più forte è il dettaglio che si intende raggiungere. Si è voluto pertanto procedere ad un esame della letteratura riguardo alla possibilità di ottenere un'informazione meno completa, ma più affidabile (più accurata) sempre utilizzando immagini da satellite. Si è trattato cioè di vagliare quali possano essere le potenzialità attuali di realizzare una maschera che riesca ad isolare il territorio boscato dal resto del territorio, facilitando così nello *screening* preliminare dei punti inventariali, che potrebbe essere fatto con dati sempre aggiornati, senza dover dipendere dalla effettiva disponibilità di riprese aeree recenti.

Pur confermandosi l'incompatibilità di risoluzioni troppo basse rispetto alla definizione del rilievo inventariale, questo obiettivo più limitato sembra essere più facilmente raggiungibile. In letteratura si trovano diverse esperienze di costruzione di maschere foresta/non foresta, che hanno raggiunto risultati di accuratezza migliore delle analoghe e spesso parallele esperienze di classificazione, attestandosi su livelli intorno all'80% (Radeloff *et al.*, 1997) o superiori, arrivando all'85% (Kellenberger, 1996) e addirittura al 94% (Darvishsefat, 1995).

Spesso maschere che separino i *pixel* interessati dal bosco (oppure semplicemente dalla presenza di vegetazione) dal resto dell'immagine sono state proposte come fase preliminare all'applicazione di procedure di classificazione vera e propria (come ad es. in Ferro e Ferro, 1995).

Anche questo settore appare molto vario e le tecniche adottate sono sempre diverse. È comunque frequente l'impiego di dati di verità a terra e di parametri che si diversificano a seconda del contesto dell'immagine (Ferro e Ferro, 1995; Bodmer e Stocker, 1995).

In alcuni casi il processo di separazione delle altre classi di uso del suolo da quelle forestali è stato realizzato a partire da cartografie tematiche già disponibili, non ritenendo sufficientemente affidabile l'analisi delle immagini da satellite (Tomppo, 1996).

Il settore è però in costante evoluzione e i risultati raggiunti nel vicino territorio della Svizzera, che per molti aspetti è paragonabile al nostro, sembrano piuttosto promettenti. Il Dipartimento di Geografia dell'Università di Zurigo sta infatti lavorando da anni alla realizzazione di una maschera bosco/non bosco, ottenendo discreti successi per quanto attiene a piccole prove pilota e, ultimamente, mettendo a punto una procedura operativa che si sta applicando su tutto il territorio nazionale. Queste esperienze appaiono importanti soprattutto perché condotte in una zona alpina, caratterizzata da grande frammentazione e eterogeneità della copertura, oltre che da geomorfologia molto complessa.

Per quanto attiene a quest'ultimo carattere (la geomorfoiogia) sono stati condotti studi sulle potenzialità di miglioramento della classificazione tramite DTM. Itten *et al.* (1992) lavorando su di un territorio circoscritto hanno potuto constatare che con appropriate correzioni, effettuate sulla base di un DTM idoneo, era possibile raggiungere accuratezze nella distinzione del bosco dal non bosco di quasi il 90%. Molto più inaffidabile si era mostrata invece la classificazione dei tipi forestali (dove si mirava a separare conifere, miste e latifoglie), dove complessivamente il miglioramento dovuto alla correzione rispetto alla pendenza e all'esposizione aveva portato l'accuratezza dal 55 al 62%.

Successivamente, sempre lavorando su aree test, Darvishsefat (1995), dopo aver proceduto ad una correzione dell'immagine tramite un DTM ad alta risoluzione, ha realizzato una maschera foresta/non foresta raggiungendo un'accuratezza complessiva dei 94%, e una classificazione dei tipi forestali con accuratezza dei 65,4%. Più recentemente Kellenberger (1996), sempre del Dipartimento di Geografia dell'Università di Zurigo, ha messo a punto una maschera bosco/non bosco, che è stata adottata lo scorso anno dall'Ufficio Statistico Svizzero con sede a Berna per ottenere una copertura dell'area forestale sull'intero territorio svizzero. La copertura viene prodotta in formato *raster*, con *pixel* di 100 m, per mezzo di dati TM monotemporali (una sola data) su cui sia stata fatta preventivamente la correzione radiometrica. Dai test effettuati, l'accuratezza raggiunta con risoluzione di 100 m ha portato a dei coefficienti kappa fra 0,85 e 0,89. Prove fatte su risoluzioni maggiori, di 20-25 m, hanno prodotto coefficienti kappa fra 0,82 e 0,89. Lo stesso autore in una verifica sulle differenti potenzialità dell'uso di dati Landsat TM o SPOT ha concluso che questi dati sono egualmente idonei per una maschera dell'area forestata.

Il successo ottenuto dai geografi svizzeri fa ben sperare nella possibilità di realizzare una maschera bosco/non bosco affidabile anche per il territorio italiano, ma questo richiede l'intervento di esperti di telerilevamento che valutino e testino sia le procedure di analisi ed elaborazione dei dati sia i parametri da utilizzare nelle diverse immagini.

Riguardo alle maschere sviluppate per il territorio Svizzero, queste prevedono, comunque il rilievo di dati al suolo e l'utilizzo di tecniche di classificazione di tipo *supervised*, mentre utilizzano analisi di tipo monotemporale (si basano su di un'unica data).

Si segnala infine che presso l'ISAFA sono stati condotti degli studi per la messa a punto di una maschera di tipo *unsupervised*, che distingua il vegetato dal non vegetato e individui diversi livelli di probabilità di trovare bosco. Al fine di potersi avvantaggiare della migliore risoluzione spaziale (così importante in territori molto frammentati), è stata impiegata un'immagine SPOT.

Con l'obiettivo di definire una procedura di analisi quanto più possibile automatica, sono

state individuate alcune relazioni principali fra le tre bande spettrali, sulla base di caratteristiche comuni alle firme spettrali del vegetato. La costruzione della maschera dovrebbe basarsi su queste semplici relazioni, analoghe a quelle definite per gli indici di vegetazione (v. par. 4.1.2). Una prova condotta su di una piccola area test (47.000 ha circa), ricadente nella provincia di Trento, e dunque su territori piuttosto complessi sia per geomorfologia che per frammentazione e varietà della copertura, ha fornito risultati accettabili in particolare nel separare le zone sicuramente vegetate (restano fuori alcuni *pixel* di difficile interpretazione, di margine o che comprendono roccia o strade) e i *pixel* sicuramente bosco, ma negli strati intermedi il bosco, il frutteto e il non bosco risultano ancora confusi. Sull'immagine non è stata comunque effettuata alcuna correzione radiometrica tramite DTM.

Sebbene sia prematuro avanzare qualsiasi considerazione generale su questo strumento, che necessita di affinamenti anche per i territori limitati sui quali è stato testato, sembra comunque ragionevole affermare, anche sulla base di quanto ottenuto per la Svizzera dal Dipartimento di Geografia di Zurigo, che è possibile arrivare a costruire una maschera che con buone accuratezze e senza costi eccessivi separi il territorio boscato dal resto.

4.4 Potenzialità del telerilevamento nel rilievo di alcuni attributi

In questo paragrafo si intende fornire un quadro sintetico delle potenzialità dei telerilevamento nella valutazione o misurazione di alcuni degli attributi considerati nel capitolo 3.

In particolare, nel suddetto capitolo, è stata indicata la possibilità di utilizzare il telerilevamento per la stima dei *land use*, del tipo forestale, della copertura, della biomassa e della frammentazione dell'habitat e per l'individuazione degli alberi fuori foresta.

Sulla possibilità di identificare l'uso del suolo, il tipo forestale e la copertura, si è già discusso nel precedente paragrafo.

Qualche nota meritano invece gli altri attributi citati.

La biomassa

Riguardo alla biomassa legnosa, il rapporto dei progetto FIRS sull'operatività dei telerilevamento negli inventari forestali, precedentemente citato (Köhl e Päivinen, 1996), indica che questa variabile è misurabile al dettaglio richiesto (entro unità di ampiezza pari a mezzo ettaro) soltanto con l'uso di foto aeree all'infrarosso falso colore in scala 1:30.000 (in tale rapporto si consideravano in alternativa foto aeree in bianco e nero di alta quota, in scala 1:75.000). I risultati migliori possono essere ottenuti per le foreste boreali.

Le stime della biomassa possono essere condotte anche sulla base di stime dei LAI (*Leaf Area Index*)[14] che, nei primi stadi di crescita di un popolamento forestale, è strettamente correlato alla biomassa legnosa. Per i popolamenti maturi però il LAI tende a stabilizzarsi, anche all'aumentare del volume e della biomassa.

Sempre in relazione alla biomassa, un altro rapporto interessante, pubblicato dalla NASA (Unninayar e Schiffer, 1997), sull'attuale disponibilità di informazioni in relazione a numerosi parametri, segnala che anche con il rilievo al suolo di alcuni parametri significativi, le stime effettuate sono ancora piuttosto grossolane, mentre metodi che consentano la stima della biomassa epigea a partire da dati satellitari sono ancora in fase sperimentale. Le migliori prospettive sembrano offerte dall'impiego di radar o di tecniche di telerilevamento da piattaforma aerea, calibrate con verità a terra. Queste considerazioni sono valide solo per la biomassa epigea, perché per quella ipogea le esperienze finora condotte sono molto scarse e comunque al momento attuale è teoricamente impossibile utilizzare tecniche di telerilevamento.

14. Vedi nota n. 1 par. 4.1.2.

La letteratura relativa alla stima della biomassa epigea a partire dal telerilevamento è piuttosto ricca ed eterogenea: le tecniche applicate sono differenti e con differenti risultati. Nel caso di telerilevamento da satellite, è comunque frequente l'uso di indici di vegetazione basati sulla banda dell'infrarosso vicino e quella del rosso, che sono strettamente legate all'attività fotosintetica (si veda il paragrafo 4.1.2) e dunque alla densità dell'apparato fogliare.

In Tunisia, ad esempio, de Gier e Sakouhi (1996) hanno realizzato un inventario della biomassa legnosa a partire da indici di vegetazione stimati su immagini SPOT Mettendo a confronto diversi indici di vegetazione, essi hanno riscontrato la migliore correlazione con la biomassa (misurata in campo) per l'NDVI. Si tratta di una correlazione molto elevata ($r>0.92$), ma lo studio ha dei limiti nella piccola area presa in esame, di soli 9.000 ha, e nella relativa semplicità dei territorio, dove i tipi forestali considerati erano tutti rimboschimenti, di circa 40 anni, puri, di pino e di eucalitto, o misti con entrambe le specie.

Uno studio analogo, condotto in Eritrea sempre con immagini SPOT, adotta un altro indice di vegetazione, il rapporto fra infrarosso vicino e rosso, e mostra correlazioni molto più basse con la biomassa, con un coefficiente di correlazione (r^2) pari a 0.694. In questo caso l'analisi è stata diretta a popolamenti di origine naturale di Acacia etbaica (Viti *et al.*, 1995).

Come si può evincere da questi pochi esempi, non è ancora possibile definire delle procedure di validità generale che siano applicabili sul nostro territorio nazionale.

La diversità del paesaggio

Nella redazione degli inventari forestali, le stime della biodiversità hanno assunto recentemente notevole interesse. Queste vengono condotte in maniera diversa a seconda della scala di analisi: locale, regionale, globale. Su vasti territori, agli approcci tradizionali di rilievo di questo aspetto, che si concentrano sulle singole specie e sono in genere molto costosi, si vanno progressivamente affiancando metodi basati sul rilievo della diversità dei biotopi – o diversità dei paesaggio –. Quest'ultima, infatti, per le complesse relazioni che legano le specie ai relativi biotopi, è strettamente legata alla diversità delle specie. Questi metodi, analizzando fenomeni più macroscopici, sono basati sulla combinazione di tecniche di telerilevamento e di rilievi al suolo (Holopainen e Wang, 1998).

La diversità del paesaggio è un attributo che dipende dalla distribuzione spaziale delle foreste e che diviene valutabile, con tempi e costi compatibili con un progetto di inventario, solamente grazie alle tecniche di telerilevamento, in particolare se integrate all'uso di GIS.

In accordo con Dale *et al.* (1994), si può affermare che i recenti sviluppi del telerilevamento e del GIS consentono di applicare su ampie aree i metodi di quantificazione della diversità del paesaggio.

Nel complesso però si evidenzia in letteratura la mancanza di un metodo generale per la valutazione della biodiversità tramite telerilevamento (Holopainen e Wang, 1998).

Per la stima della diversità strutturale delle foreste (che si riferisce all'arrangiamento spaziale delle tessere presenti in un'area forestale – Mc Cormick e Folving, 1998) possono essere usati come indicatori molti differenti parametri caratteristici delle immagini digitali. Alcune importanti caratteristiche spaziali sono ad esempio la forma e le dimensioni delle unità territoriali, la frammentazione, la direzionalità (definita calcolando il contrasto separatamente lungo le differenti direzioni) e la struttura geometrica nel mosaico delle tessere del paesaggio (Parmes, 1996).

Le procedure di analisi possono basarsi esclusivamente sui dati telerilevati oppure fare uso di dati ausiliari e di rilievi al suolo. In assenza di altri dati, con il telerilevamento è possibile trarre informazioni sulla diversità analizzando la tessitura e la frammentazione delle immagini. In particolare, fra i dati ausiliari, risulta molto importante l'influenza dei fattori topografici (pendenza, esposizione, morfologia) sulla diversità del paesaggio. La disponibi-

lità di rilievi al suolo permette comunque una migliore quantificazione del fenomeno osservato, con stime ad es. della proporzione di specie e di classi di età (Holopainen e Wang, 1998).

La maggior parte degli indicatori di diversità strutturale sono teoricamente indipendenti dalla risoluzione dei dati, che può andare da 1 m, per foto aeree digitali, fino a 1000 m, come per i satelliti NOAA, ma a risoluzioni troppo piccole, come in quest'ultimo caso, non si ottiene un'informazione sulla diversità delle foreste, quanto piuttosto un'indicazione sulla diversità dell'uso del suolo (Holopainen e Wang, 1998).

Fra le possibili procedure seguite nella valutazione di questo particolare attributo, si ricorda che in una recente esperienza di classificazione dell'uso dei suolo, condotta in Brasile su di una scena Landsat TM, Jorge e Garcia (1997) hanno trovato particolarmente utile l'indice di vegetazione RA (*Spectral Ratio*, rapporto fra l'infrarosso vicino e la somma dei rosso e dell'infrarosso medio), per individuare l'effetto margine dovuto alla frammentazione dell'habitat.

La misura della diversità dei paesaggio è però facilitata, come già ricordato nel capitolo 3, dalla possibilità di adottare alcuni significativi indici spaziali, relativi alla variabilità orizzontale, quali la **dominanza** (espressione dell'omogeneità della copertura), il **contagio** (che quantifica il grado di frammentazione) e la **dimensione frattale** (che riflette la complessità morfologica dei paesaggio)[15]. Non si tratta degli unici indici di diversità strutturale ideati per le foreste (un elenco più completo può essere consultato in Mc Cormick, 1997), ma sicuramente di quelli più importanti e più diffusi, che rappresentano tre aspetti complementari ed ecologicamente importanti della struttura della foresta (Mc Cormick e Folving, 1998).

Per la stima di tali indici nell'ambito degli inventari forestali, nel citato rapporto del progetto FIRS (Köhl e Päivinen, 1996), si esprime un giudizio favorevole all'impiego delle foto all'infrarosso falso colore in scala 1:30.000.

Gli stessi indici vengono considerati anche in un'altra recente realizzazione del progetto FIRS, quella che ha comportato lo sviluppo dei *software* SILVICS (v. par. 4.1.2 e par. 2.3.1), come sistema di classificazione delle immagini da satellite. Mc Cormick e Folving (1998) hanno illustrato di recente una metodologia, adatta per immagini da satellite ad alta risoluzione derivate sia da sensori ottici che da radar, che, a partire da una procedura automatica di segmentazione e successivamente di classificazione delle immagini messa a punto con il *software* SILVICS, consente il calcolo dei tre citati indici di diversità. Tale metodologia prevede poi una fase ulteriore di misura dei parametri spaziali di base per ciascuna classe forestale: l'area della classe, la densità di tessere, la loro dimensione e la loro forma, la distanza fra di loro. Questi ultimi svolgono un ruolo importante nell'interpretazione dei fenomeni di variazione dei tre suddetti principali indici strutturali.

L'individuazione di alberi fuori foresta

Gli alberi fuori foresta rappresentano, per definizione, una categoria di uso del suolo relativa ad unità territoriali di estensione inferiore a quella minima fissata per il bosco e per le altre terre boscate (vedi par. 3.1). Le difficoltà, messe in luce nel corso di questo capitolo, per l'adozione di una definizione di bosco poco compatibile con il dettaglio raggiungibile dai dati satellitari diventano in questo caso ancora più forti.

Il possibile impiego del telerilevamento per lo studio di questi elementi è perciò ristretto a quello da aereo, ma, anche limitandosi a considerare le riprese aeree, bisogna focalizzare l'attenzione sulla risoluzione spaziale e dunque sulla scala dei supporti da adottare. Occorre infatti disporre di foto che consentano il riconoscimento chiaro dei singoli alberi presenti nei pascoli o nel territorio agricolo. Con i supporti fotografici attualmente più comuni, questo obiettivo risulta facilmente raggiungibile: Howard (1991), ipotizzando l'utilizzo di pellicole con risoluzione pari a 0,01 cm, comunque inferiore a quella raggiungibile

15. Vedi par. 3.4.2.

dalle moderne pellicole, riferisce che singole chiome di alberi isolati sono distinguibili anche con fotografie aeree in scala 1:90.000, se si tratta di soggetti molto sviluppati, ma, a partire da una scala di 1:45.000, si ritiene già possibile distinguere le cime delle piante di conifere (per chiome di diametro di 4,5 m).

Nell'ipotesi di utilizzare per la realizzazione dell'inventario le ortofoto dell'AIMA (derivate da voli in scala media 1:40.000) diviene pertanto possibile il riconoscimento di questa particolare categoria.

Figura 4.1 – Lo spettro elettromanetico e le lunghezze d'onda intercettate da alcuni fra i principali sensori montati su satellite.

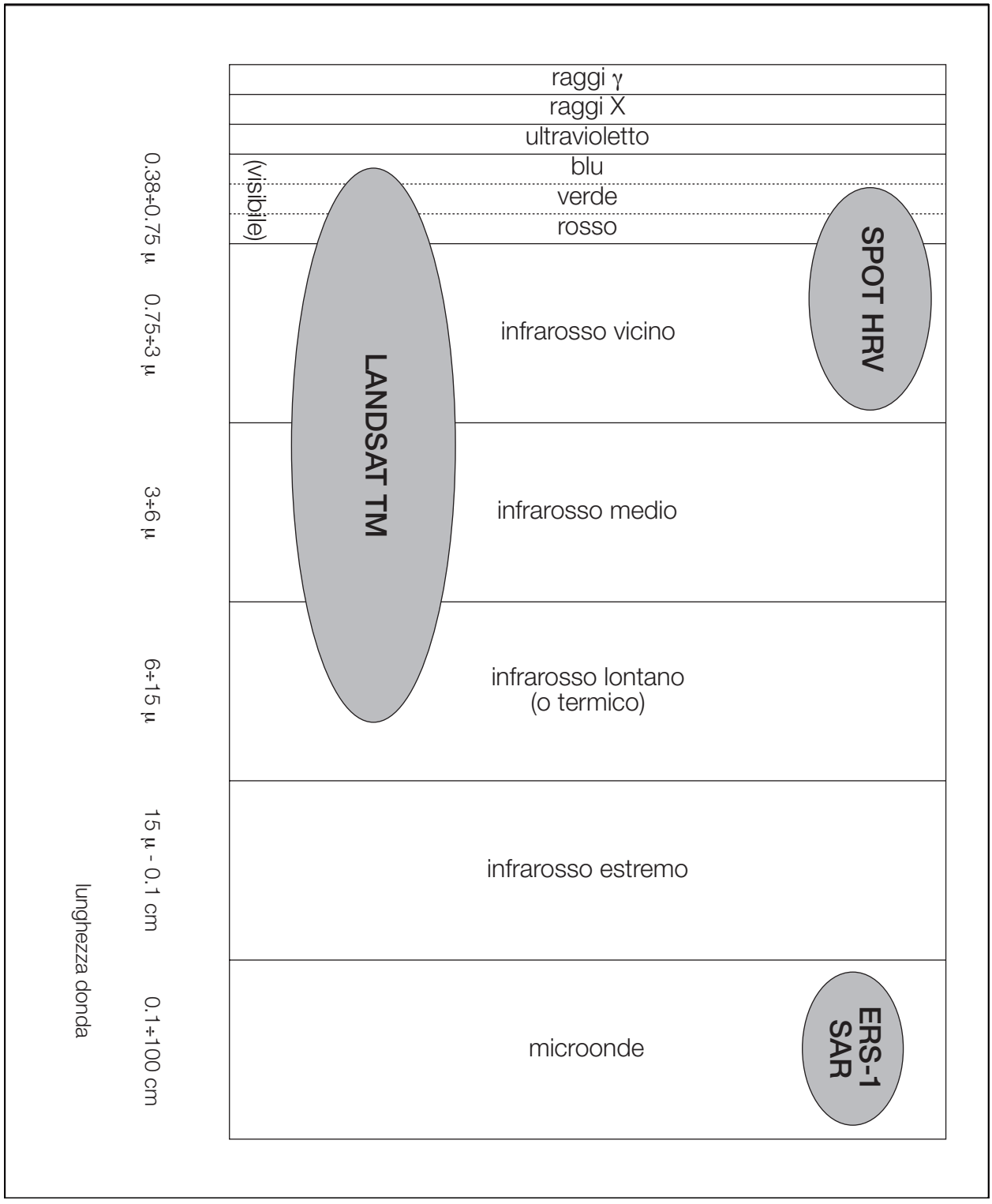


Figura 4.2 – Relazione fra accuratezza, dettaglio tematico e facilità di classificazione (da Austin et. al., 1996, modificato).

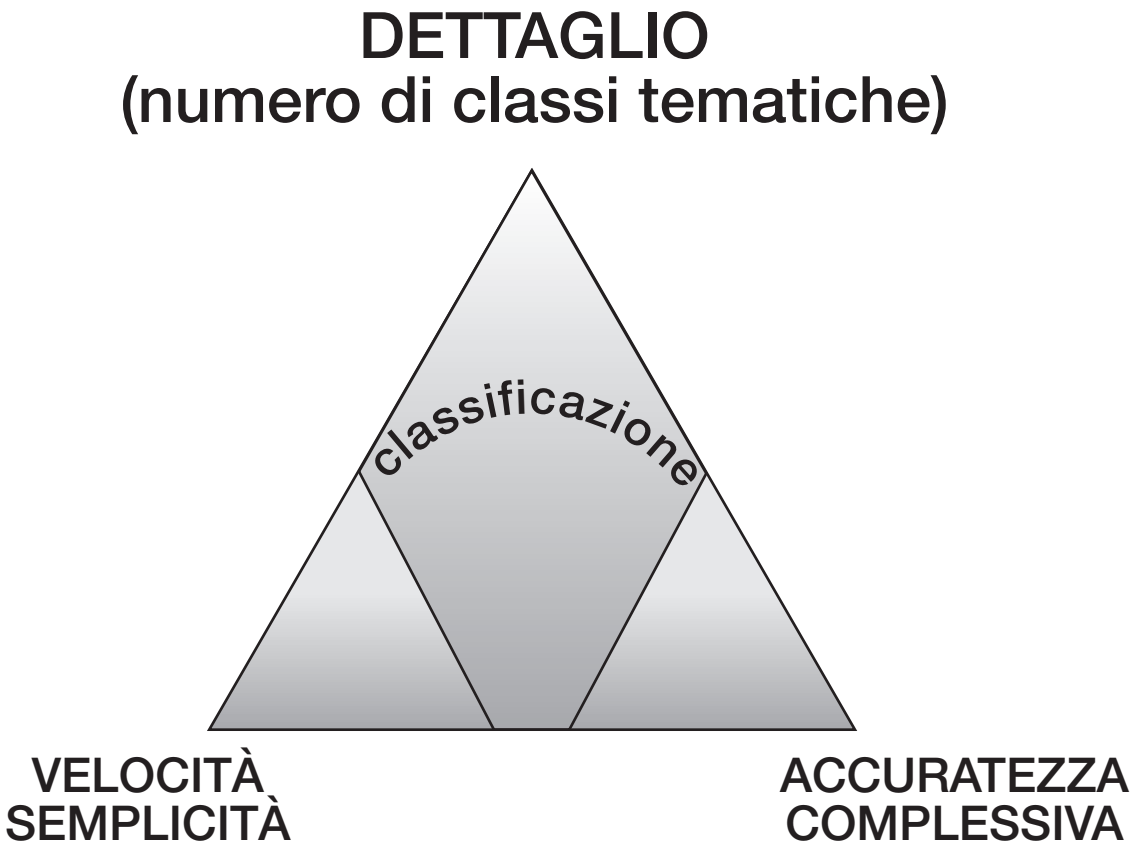


Tabella 4.1 – Caratteristiche dei principali sensori ottici impiegati per l'osservazione della terra.

Satellite	ultimo lancio (riuscito)	sensore	risoluzione temporale (gg)	risoluzione spaziale[a] (m)	risoluzione spettrale	risoluzione radiometrica (bit)	operativo (sì/no)
NOAA (U.S.A.)	1994	AVHRR	0.5	1100	Multispettrale (5 bande)	10	sì
Resurs-01 (Unione Sovietica)	1994	MSU-SK	4	170 (600)	multispettrale (5 bande)	6	sì
Landsat 1,2,3 (U.S.A.)	1978	MSS	18	80	multispettrale (4 bande)	7 e 6	no
Landsat 4,5 (U.S.A.)	1984	TM	16	30 (120)	multispettrale (7 bande)	8	sì
SPOT 1,2,3 (Francia)	1993	PAN	1-26	10	una sola banda nel visibile	6	–
SPOT 1,2,3 (Francia)	1993	HRV	1-26	20	multispettrale (3 bande)	8	–
SPOT 4 (Francia)	1998	HRVIR	26	20 (10)	multispettrale (4 bande)		sì
JERS-1 (Giappone)	1992	VNIR (OPS)	44	18 x 24	multispettrale (4 bande)	6	sì
IRS-1C (India)	1995	PAN	24	5.8	una sola banda nel visibile	6	sì
IRS-1 C (India)	1995	LISS-III	24	23 (69)	multispettrale (4 bande)	7	sì
IRS-P3 (India)	1995	WiFS	4	188	multispettrale (3 bande)	7	sì

a. le risoluzioni spaziali indicate tra parentesi sono relative ad alcune specifiche bande dell'infrarosso

Bibliografia

Adami P.L., 1989 – *Metodi statistici di calcolo di accuratezza delle carte tematiche.* AIT, n. 3, giugno 1989: 23-31.

Ambrosini I., Buffoni A., Gherardi L., Viti M.L., 1994 – *Valutazione del contenuto informativo a fini forestali di riprese aeree bianco/nero realizzate ad uso topografico.* It. For. Mont., n. 3: 241-254.

Annoni A., Cumer A., 1995 – *Il progetto Corine Land Cover: le mappe delle regioni italiane.* Atti del VII Convegno Nazionale AIT: "Telerilevamento GIS e cartografia al servizio dell'informazione territoriale", Chieri (TO), 17-20 ottobre 1995: 281-288.

Apponi G., Orlandi R., Russo G., 1997 – *Satelliti ad alta risoluzione: il programma Earth Watch.* Atti della "I Conferenza Nazionale delle Associazioni Scientifiche per le Informazioni Territoriali ed Ambientali", Parma, 30 settembre-3 ottobre 1997 – "Riassunti delle comunicazioni": 24.

Austin J., Harding S., Kanellopoulos I., Lees K., McNaughton H., Roli F., Vernazza G., Wilkinson G., 1996 – *Connectionist computation in earth observation.* Rapporto sul Research Strategy Meeting of the European Concerted Action 'COMPARES', Cagiiari, 24-25 ottobre 1996.

Bauer E. M., Burk TE., Ek A. R., Coppin P. R., Lime S. D., Walsh T. A., Walters D. K., Befort W. e Heinzen D. F., *in press – Satellite Inventory of Minnesota Forest Resources.* Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.

Bodmer H.C., 1993 – *Untersuchungen zur forstlichen Bestandeskartierung mit Hilfe von Satellitendaten.* Citato in Köhl *et al.*, 1994 – *Geo-referenced Forest Information for Switzerland.* EUR 16113 "Designing a System of Nomenclature for European Forest Mapping": 315-326.

Bodmer H. C., Stocker R., 1995 – *Satelliteribilder als Arbeitshilfe bei der Erstellung eines standortskundlichen Kartierungsschlüssels für Wälder im Mittelland.* Schweiz. Z. Forstwes., 146 (1995) 6: 439-448.

Cracknell A.P., Hayes L.W.B., 1991 – *Introduction to remote sensing.* Ed. Taylor Francis, 293 pp.

Dale V. H., Offerman H., Frohn R., Gardner R. H., 1994 – *Landscape characterization and biodiversity research.* In Proc. IUFRO Sympos. "Measuring and monitoring biodiversity in tropical and temperate forests", 27 ag. – 2 set. 1994, Chiang Mai, Thailand: 47-65.

de Gier A., Sakouhi A., 1996 – *Woody biomass mapping, using field data and Spot-satellite imagery.* In "New trhusts in inventory", atti dei convegno EFI: 205-21 I.

D'Angelo M., Galli A., 1996 – *Il telerilevamento delle risorse ambientali e territoriali.* Genio Rurale, n. 12: 59-67.

Darvishefat A. A., 1995 – *Einsatz und Fusion von Multisensoralen Satelliteribilddaten zur Erfassung von Waldinventuren*, Remote Sensing Series Vol. 14 (abstract). Remote Sensing Application Division, Department of Geography, University of Zurich.

Durrieu S., Boureau J. G., 1997 – *Studying possibilities for updating French forest survey maps using SPOT images.* – Proceed. International Workshop on Application of Remote Sensing in European Forest Monitoring. Vienna. Austria. 14-16 October 1996: 179-191.

European Commission, 1997 – *Study on European forestry information and communication system – Reports on forestry inventory and survey systems*. Vol. I e II. Luxembourg: Office for Official Pubblications of the European Communities: 1328 pp.

Ferro P, Ferro R., 1995 – *Indagine sulla copertura forestale della valle di Pesio (CN) con dati LANDSAT 5 TM*. Atti dei VII Convegno nazionale AIT. "Telerilevamento GIS e cartografia al servizio dell'informazione territoriale", Cheri 17-20 ottobre 1995: 599-604.

Giordano A., 1992 – *Elementi di fotointerpretazione per la cartografia tematica.* In "Il telerilevamento da aereo e da satellite", Brivio P.A., Lechi G.M., Zilioli E. , ed. Carlo Delfino, Sassari: 279-304.

Gomarasca M.A., 1997 – *Introduzione a telerilevamento e GIS per la gestione delle risorse agricole e ambientali.* AIT, 246 pp.
Hildebrandt G., 1992 – *Central European contributions to remote sensing and photogrammetry in forestry.* Proceed. of IUFRO Centennial Meeting in Berlin "Forest resources inventory and monitoring", 31 agosto – 4 settembre 1992: 196-212.
Holopainen M., Wang G., 1998 – *Digitized aerial photos for assessing forest biodiversity.* Proceed. Conference on Assessment of Biodiversity for Improved Planning, 7-11 October 1996, Monte Verità, Switzerlanci: 249-254.
Howard J.A., 1991 – *Remote Sensing of Forest Resources.* Chapman & Hall, London, 420 pp.
Itten K. I., Meyer P, Kellenberger T, Leu R., Sandmeier St., Bitter P, Seidel K., 1992 – *Correction of the impact of topography and atmosphere on Landsat-TM Forest Mapping of Alpine regions. Remote Sensing Series,* vol. 18 (abstract). Remote Sensing Application Division, Department of Geography, University of Zurich.
Jorge L. A. B., Garcia G. J., 1997 – *A study of habitat fragmentation in Southeastern Brazil using remote sensing and geographic information system.* For. Ec. Manag., vol. 98 n. 1: 35-47.
Kellenberger T. W., 1996 – *Erfassung der Walfiäche in der Schweiz mit multispektralen Satelliteribild-daten – Grundlagen, Methodenentwicklung und Anwendung.* Remote Sensing Series Vol. 28 (abstract). Remote Sensing Application Division, Department of Geography, University of Zurich.
Kellenberger T W., in press – *Comparison of the potential of IRS- 1 C, SPOT and Landsat-TM multispectral and panchromatic data for forest area classification in Northeastern Switzerland.* IGARSS '98 Conference.
Kleinn C., Dees M., Polley H., 1997 – *Country report for Germany.* In European Commission, 1997 – Study on European forestry information and communication system. Reports on forestry inventory and survey systems. Vol. 1, Luxembourg: Office for Official Pubblications of the European Communities: 277-358.
Köhl M., Kushwaha S.P.S., 1994 – *A four-phase sampling method for assessing standing volume using Landsat-TM data, aerial photography and field assessments.* Commonwealth Forestry Review, Volume 73 (1): 35-42.
Köhl M., Päivinen R., 1996 – *Definition of a system of nomenclature for mappingeuropean forests and for compiling a pan-european forest information system.* EUR 16416, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 238 pp.
Lagarde 1., 1997 – *Country report for France.* In European Commission, 1997 –"Study on European forestry information and communication system. Reports on forestry inventory and survey systems". Vol. 1, Luxembourg: Office for Official Pubblications of the European Communities: 227-276.
Leckie D.G., Gillis M. D., 1995 – *Forest inventory in Canada with emphasis on map production.* The Forestry Chronicle, Vol. 71, n. 1: 74-88.
Lionetti L., 1991 – *Su alcuni problemi campionari connessi al telerilevamento.* Relazione presentata alle Giornate di Studio "La Statistica per le analisi territoriali e spaziali", Parma 14-15 ottobre 1991.
Marchetti M., Lalle A., 1997 – *Il Sistema Informativo Forestale della Regione Liguria: risultati, metodi e tecnologie innovative per la pianificazione forestale.* Sherwood- Foreste e Alberi Oggi, n. 24: 21-27.
Mas J. F., Ramirez 1., 1996 – *Comparison of Land Use classifications obtained by visual interpretation and digital processing.* ITC Journal, n. 1996-3/4: 278-283
Mc Cormick N., 1994 – *Gli effetti della topografia e dell'atmosfera sulla classificazione forestale delle immagini Landsat TM.* Atti dei Convegno "Il telerilevamento per lo studio e la pianificazione forestale", Bressanone, 1-2 dicembre 1994: 89-98.
Mc Cormick N., 1997 – *Automated forest stand mapping by spatial analysis of satellite imagery* – Proceed. Internationai Workshop on Application of Remote Sensing in Euro-

pean Forest Monitoring. Vienna. Austria. 14-16 October 1996: 411-420.
Mc Cormick N., Folving S., 1998 – *Monitoring European forest biodiversí1y at regional scales using satellite remote sensing.* Proceed. Conference on Assessment of Biodiversity for Improved Pianning, 7-11 October 1996, Monte Verità, Switzerland: 283-289.
Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste, 1989 – *Telerilevamento in agricoltura. Stima delle superfici e previsione di produzione delle colture. Dalla fattività all'operatività.* A cura dei Consorzio ITA: 100 pp.
Parmes E., 1996 – *Landscape analysis from satellite imagery.* Proceed. Intern. Worksh. on Assessment of Biodiversity for Improved Forest Management, 12 -17 June 1995, Koli, Finland: 173-181.
Patrono A., Alessandro V, De Fent I., Giovannini F. , 1995 – *Classificazione dell'uso del suolo mediante l'impiego di dati telerilevati multi-sensore e di bande sintetiche.* Atti dei VII Convegno nazionale AIT: "Telerilevamento GIS e cartografia al servizio del l'informazione territoriale", Chieri 17-20 ottobre 1995: 301-306
Pitt G. D., R. G. Wagner, R. J. Hall, DJ. King, D.G. Leckie, U. Runesson, 1997 – *Use of remote sensing for forest vegetation management: a problem analysis.* For. Chron., Vol. 73, n. 4: 459-477.
Preto G. 1994 – *Problemi connessi alla qualità della foto-interpretazione forestale.* Atti dei Convegno "Il telerilevamento per io studio e la pianificazione forestale", Bressanone, 1-2 dicembre 1994: 23-36.
Preto G., 1997a – *La nozione di "bosco" negli inventari forestali. Prima parte.* Sherwood -Foreste e Alberi Oggi, n. 24: 33-37
Preto G., 1997b – *La nozione di "bosco" negli inventari forestali. Seconda parte.* Sherwood -Foreste e Alberi Oggi, n. 25: 23-26
Radeloff V, Hill J., Mehl W., 1997 – *Forest mapping from space. Enhanced satellite data processing by spectral mixture analysis and topographic corrections.* Joint Research Centre, EC, EUR 17702 EN, 88 pp.
Rodolfi A., Maselli F., Conese C., Pranzini E., 1994 – *Introduzione di dati ausiliari nell'algoritmo di massima verosimiglianza per la classificazione di immagini TM.* Atti dei Vi Convegno Nazionale AIT, Roma 1-4 marzo 1994: 111-114.
Stewart J. S., Li I lesand T M., 1995 – *Stratification of Landsat Thematic Mapper data, based on regional landscape patterns, to improve land-cover classification accuracy of large study areas.* Documento su internet, aggiornato al 12.12.1995.
Tomé M., Freire J. P., Martins S., 1997 – *Country Report for Portugal.* In European Commission, 1997 "Study on European forestry information and communication system – Reports on forestry inventory and survey systems." Vol. li, Luxembourg: Office for Official Pubbiications of the European Communities: 861-904
Tomppo E., 1996 – *Multisource National Forest Inventory of Finland.* In "New thrusts in Forest Inventory", conv. EFI 1996: 27-41.
Tomppo E., 1997 – *Application of Remote Sensing in Finnish National Forest Inventory.* Proceed. Intern. Worksh. on Appiication of Remote Sensing in European Forest Monitoring, Vienna, Austria, 14th - 16th October 1996: 375-388.
Tomppo E., Varjo J., Korhonen K., Ahola A., Inhalainen A., Heikkinen J., Hirvelä H., Mikkelä H., Mikkola E., Salminen S., Tuomainen T, 1997 – *Country report for Finland*. In European Commission, 1997 – "Study on European forestry information and communication system – Reports on forestry inventory and survey systems." Vol. 1, Luxembourg: Office for Official Pubbiications of the European Communities: 145- 226.
Tonelii A., 1997 – *Note di telerilevamento teorico e applicato.* Dispense del corso tenutosi presso il Museo Civico di Rovereto (TN), 6- 29 maggio 1997.
Tosi V, Marchetti M., 1997 – *Country report for Italy.* In European Commission, 1997 "Study on European forestry information and communication system – Reports on forestry inventory and survey systems." Vol. 1, Luxembourg: Office for Official Pubblications of the European Communities: 423-645.

Unninayar S., Schiffer R., 1997- *In-situ observation for the global observing systems*, pubblicato dall'Office of Mission to Pianet Earth della NASA su pagine WEB.
Vignali G., Vanini A., Gherardi L., Tagliaferri S., 1994 – *Confronto fra diversi metodi di telerilevamento per la determinazione dello stato di vitalità dei boschi.* Atti del Convegno "Il telerilevamento per lo studio e la pianificazione forestale". Bressanone, 1-2 dic. 1994: 285-291.
Viti M L., Delli G., Ongaro L., 1995 – *Stima della biomassa legnosa dell'alto bacino del Mareb (Eritrea), utilizzando dati Spot*. Atti del VII Convegno AIT "Telerilevamento GIS e cartografia al servizio dell'informazione territoriale", Chieri 17-20 ottobre 1995: 499-504.
Wolsack J., 1994 – *Geo-referenced Forest Information in France.* Proceed. Intern. Workshop "Designing a system of nomenclature for European Forest Mapping", Joensuu 13-15 June 1994:197-206.

Acronimi e sigle ricorrenti nel capitolo 4

AIMA – Azienda di Stato per gli Interventi nel Mercato Agricolo
AVHRR – Advanced Very High Resolution Radiometer
CNR – Consiglio Nazionale delle Ricerche
CORINE – Coordination of Information on the Environment
DEM – Digital Elevation Mode]
DTM – Digital Terrain Model
EFICS – European Forest Information and Communication System
ERS – European Remote Sensing Radar
FAO – Food and Agricultural Organization
FIRS – Forest Inveniory and Remote Sensing
FRA – Forest Resources Assessment
GIS – Geographic Information System
GPS – Global Positioning System
HRV – High Resolution Visible
IFNI – Inventario Forestale Nazionale Italiano
IGM – Istituto Geografico Militare
IRFC – Infrarosso Falso Colore
IRS – Indian Remote Sensing Satellite
ISAFA – Istituto Sperimentale per l'Assestamento forestale e per l'Alpicoltura
JERS – Japanese Earth Resources Satellite
LAI – Leaf Area index
LARA – Laboratorio Aereo per Ricerche Ambientali
LSMM – Linear Spectra) Mixture Modelling
MIVIS – Multispectral Infrared and Visible Imaging Spectrometer
MSS – Multi Spectral Scanner
NASA – National Aeronautical and Space Administration, USA
NDVI – Normalized Difference Vegetation Index
NOAA – National Oceanographic and Atmospheric Administration (United States)
RADAR – Radio Detection And Ranging
RGB – Red Green Blu
SAR – Synthetic Aperture Radar
SILVICS – Satellite Image Land Vegetation Integrated Classification System
SPOT – Satellite Probatoire pour l'Observation de la Terre
TM – Thematíc Mapper (Landsat TM)

Capitolo 5

I DISEGNI DI CAMPIONAMENTO PER IL NUOVO INVENTARIO FORESTALE NAZIONALE

SOMMARIO

5.1 I disegni di campionamento nei principali inventari forestali nazionali in Europa pag. 154
5.1.1 Austria » 154
5.1.2 Francia » 155
5.1.3 Germania » 156
5.1.4 Finlandia » 156
5.1.5 Norvegia » 157
5.1.6 Spagna » 157
5.1.7 Svezia » 158
5.1.8 Svizzera » 158
5.1.9 Altri Paesi europei » 159
5.1.10 Alcune considerazioni sui disegni campionari, sui metodi e sulle tecnologie adottate nei principali inventari forestali nazionali europei » 159

5.2 Il nuovo inventario forestale nazionale italiano: ipotesi sui disegni di campionamento impiegabili » 161
5.2.1 Campionamento in unica fase » 162
5.2.1.1 Disegno monofasico con impiego di ortofoto digitali » 163
5.2.1.2 Disegno monofasico con impiego di immagini da satellite » 166
5.2.2 Campionamento in due fasi. » 171
5.2.2.1 Disegno bifasico con classificazioni tipologiche in entrambe le fasi » 173
5.2.2.2 Disegno bifasico con classificazioni tipologiche limitate alla prima fase » 176
5.2.3 Campionamento in tre fasi » 178
5.2.3.1 Disegno trifasico con classificazioni tipologiche in tutte e tre le fasi » 179
5.2.3.2 Disegno trifasico con classificazioni tipologiche nelle sole prime due fasi » 183

5.3 Qualche considerazione conclusiva sulle caratteristiche e sulle prerogative dei disegni di campionamento ipotizzati » 186
5.3.1 Il monofasico » 186
5.3.2 Il bifasico » 189
5.3.3 Il trifasico » 191

5.1 I disegni di campionamento nei principali inventari forestali nazionali in Europa

Nei paragrafi che seguono vengono sommariamente esaminate le caratteristiche dei disegni campionari dei principali inventari forestali nazionali europei. L'accento verrà posto in particolare su quelle che appaiono le scelte metodologiche cruciali anche ai fini di questo studio preparatorio alla realizzazione del prossimo Inventario forestale nazionale. In particolare:

– l'impiego o meno nel disegno inventariale di tecniche di telerilevamento tradizionale (fotografico) e di quello da piattaforma satellitare;
– l'approntamento o meno di carte forestali contestualmente alla realizzazione inventariale;
– la disaggregazione o meno dei dati nazionali a livello delle principali realtà amministrative che compongono i vari Paesi.

La stragrande maggioranza delle informazioni riguardanti i disegni inventariali nei principali Paesi europei sono tratte da uno studio della Commissione Europea edito nel 1997 (EFICS, *Study on European forestry information and communication system – Report on forestry inventory and survey system*) che ha promosso la raccolta su base nazionale (*Country reports*) delle informazioni riguardanti le principali modalità di realizzazione degli inventari forestali nazionali.

5.1.1 Austria

Il disegno campionario adottato nell'inventario nazionale austriaco prevede la disposizione sistematica sul territorio di *grappoli* (*cluster*) di vari tipi di unità campionarie distanziati 3,89 km.

Ciascun cluster, chiamato *tract*, ha dimensioni quadrate con lato di 200 m. Ai vertici dei quadrato vengono individuate aree di saggio permanenti a raggio fisso. Contestualmente si impiegano peraltro aree di saggio relascopiche. Lungo i lati dei *tract* vengono rilevate anche le intersezioni con la viabilità per una stima della densità di quest'ultima.

Nell'inventario forestale nazionale austriaco non viene utilizzato alcun supporto di immagini derivanti da telerilevamento, né analogico né digitale, né aerofotogrammetrico né spaziale. L'utilizzo di mappe esistenti è limitato a quelle topografiche, catastali (dalle quali si desumono le informazioni relative al tipo di proprietà) e a quelle che evidenziano le aree vincolate ai fini naturalistici (parchi, ecc.). Non viene quindi realizzata alcuna stratificazione preliminare ai fini statistici. Si tratta in sostanza di un disegno monofasico con campionamento a grappoli di aree di saggio, realizzato completamente al suolo.

Ne consegue, come è ovvio, che nell'ambito inventariale non viene prodotta alcuna cartografia forestale, né possono essere fornite disaggregazioni di dati a livello di singoli *Länder*. Infatti, la bassa densità di aree di saggio e la loro aggregazione in grappoli costituiscono scelte metodologiche che vanno nella direzione di rendere più efficiente possibile il campionamento a livello nazionale e non consentono di ottenere una rappresentazione "minuta" del territorio, né di contare su un numero sufficientemente alto di campioni a livello delle sue suddivisioni amministrative.

Al di fuori dell'inventario nazionale, nell'ambito del Piano di Sviluppo Forestale austriaco, i nove *Länder*, che a loro volta assemblano rilievi eseguiti a livello distrettuale (gli ultimi sono del '91), realizzano mappe al 50.000 delle funzioni prevalenti dei boschi che sono quindi le uniche mappe tematiche disponibili a livello nazionale sulle risorse forestali austriache.

La metodologia dell'inventario, pur avendo subito qualche parziale revisione in passato, si considera consolidata e non è previsto alcun cambiamento in futuro.

5.1.2 Francia

L'impianto metodologico dell'inventario forestale nazionale francese è l'unico in Europa che viene eseguito su base regionale e cioè con il dichiarato intento di fornire delle stime attendibili delle principali variabili forestali a livello di ciascuno dei 96 Dipartimenti nei quali la Francia è suddivisa sul piano amministrativo. Si tratta di unità territoriali che hanno più o meno l'estensione media delle nostre Province. In realtà l'intento censuario a livello nazionale è addirittura secondario rispetto a quello dipartimentale. Infatti, non esiste (se non tramite proiezioni statistiche) un dato nazionale vero e proprio, riferito ad una specifica epoca, dal momento che i rilievi sono organizzati in cicli decennali o quindicennali (spesso sovrapposti) che annualmente investono un certo numero di dipartimenti. Manca quindi un preciso riferimento temporale del dato nazionale, che viene desunto per somma dei dati dipartimentali più aggiornati disponibili in un certo momento. In pratica quindi non si effettuano disaggregazioni del dato nazionale ma piuttosto aggregazioni dei dati dipartimentali. Peraltro, al di fuori dell'IFN, è stata eseguita dal Servizio Nazionale di Inchieste Statistiche una stima per fotointerpretazione della superficie forestale nazionale, basata su 555.885 fotopunti, con una suddivisione dei territorio nazionale in 99 classi di *uso del suolo* delle quali 6 forestali; si tratta del solo dato forestale nazionale dotato di un preciso riferimento temporale.

Per raggiungere gli obiettivi inventariali, l'IFN si avvale di una copertura aerofotografica totale (appositamente realizzata) a scale variabili tra 1:15.000 (situazioni forestalmente meno omogenee, come le aree mediterranee) e 1:20.000 (situazioni ordinarie). Nelle condizioni più complesse sotto il profilo della fotointerpretabilità vengono impiegate riprese in colori falsati (IRFC) da associare a quelle pancromatiche. Annualmente vengono spesi circa 1,2 miliardi di lire per il rifacimento periodico della copertura fotogrammetrica di 7/8 dipartimenti. L'ipotesi di impiego del telerilevamento digitale da satellite è stata considerata, ma valutata non idonea perché questa tecnica viene ritenuta troppo imprecisa rispetto alle finalità inventariali. È significativo notare che la Francia è il Paese proprietario di uno dei migliori satelliti per telerilevamento: lo SPOT.

Nell'IFN francese vengono impiegate anche mappe esistenti oltre a quelle topografiche e in particolare quella geologica, quella catastale, quella climatica.

Il disegno campionario è definito "a *3 steps double sampling for stratification*".

In particolare:

– nella prima fase:
  a) la superficie dell'intero dipartimento viene ripartita e mappata (*domini di mappatura*) per fotointerpretazione in: grandi tipi di copertura forestale del suolo, regione ecologica forestale e tipo di proprietà (mappe catastali); i domini mappati diventano *domini di studio* (ai fini IFN) se più vasti di 3/5.000 ha (per dipartimento);
  b) i domini di studio vengono a loro volta ripartiti in *strati* (riferiti al tipo di vegetazione, alla composizione specifica, alla funzione, all'ampiezza dell'area forestale e alla classe di provvigione per ettaro) attraverso il conteggio e la classificazione di *fotopunti*, individuati sui fotogrammi in ragione di uno ogni 30-40 ettari, sistematicamente distribuiti e aventi 25 m di raggio;
– nella seconda fase, un certo numero di fotopunti di prima fase, proporzionale all'ampiezza dei vari strati, viene individuato al suolo per un controllo della fotointerpretazione e per i conseguenti aggiustamenti della ripartizione in strati;
– nella terza fase, in un certo numero dei fotopunti di seconda fase correttamente classificati, vengono individuate delle aree di saggio (non permanenti) e vengono fatti i rilevamenti dendrometrici e le altre classificazioni di dettaglio.

Alcuni tra i fotopunti vengono resi invece permanenti per il monitoraggio dei cambiamenti tra una sessione inventariale e l'altra.

I risultati inventariali vengono forniti in forma numerica (sempre su base dipartimentale), in forma di atlanti forestali (regioni forestali), in scala 1:1.000.000, per l'intero Paese o per

Regioni amministrative (22) o infine per dipartimento. A livello dipartimentale sono disponibili mappe numeriche o digitali (in formato ERDAS) alla scala 1:25.000, dette *forest map* (tipi di vegetazione forestale) a risoluzione variabile tra 25, 50 e 100 m.

L'IFN francese è l'unico esempio europeo nel quale, almeno in riferimento alle grandi tipologie di possibile suddivisione del bosco, si procede con mappature in poligoni (confinazione in continuo dei tipi) su base aerofotogrammetrica. Analoga procedura viene applicata in Spagna, peraltro principalmente nel quadro di rilievi estranei all'Inventario forestale (Mappa delle coltivazioni agrarie).

5.1.3 Germania

L'inventario forestale nazionale tedesco è stato eseguito una sola volta nell'85/90 (anno di riferimento 1987) ed è relativo ai soli *Länder* preesistenti all'unificazione del territorio germanico.

Si sta valutando la possibilità di realizzare un nuovo inventario per tutti i *Länder*, ma non esistono ancora decisioni in merito.

Il sistema inventariale è molto simile a quello austriaco con *cluster* (*tract*) di aree di saggio a raggio fisso e relascopiche. I *tract* sono distribuiti sistematicamente sul territorio a intervalli di 4 km (2,83 o 2 in alcuni *Länder*). Ai vertici dei tract sono posizionate contestualmente sia aree di saggio a raggio fisso (modificabile con il diametro degli individui censibili) che relascopiche.

Solo i *tract* che intersecano aree forestaii vengono materialmente rilevati al suolo.

Non è previsto l'uso di riprese aeree e di fotointerpretazione, ma se esistono possono essere adottate per facilitare i rilievi al suolo (orientamento delle squadre). All'impiego di dati derivanti da telerilevamento digitale spaziale non si accenna nemmeno in termini di prospettive future.

L'impiego di mappe tematiche preesistenti è limitato a quelle topografiche, geologiche, pedologiche, climatiche e delle zonizzazioni accrescimentali (*Wuchsgebiet*), oltre a quelle catastali.

I dati dell'inventario sono solo numerici e riferiti alla realtà nazionale. Alcuni *Länder* procedono autonomamente con inventari regionali. Quello della Baviera, il primo in Germania, al cui disegno inventariale si ispirò in parte IFNI 1985, non è stato più ripetuto.

Non vengono realizzate cartografie forestali nazionali di alcun tipo.

L'IFN germanico è piuttosto simile a quello austriaco e ne presenta tutte le limitazioni ai fini della eventuale produzione contestuale di una carta forestale, così come nei confronti della possibilità di disarticolare i dati per regioni.

5.1.4 Finlandia

L'inventario forestale nazionale finlandese è giunto alla nona revisione. A partire dall'ottava sono state introdotte sostanziali modifiche metodologiche. In un impianto di rilievo per *tract* (grappoli di 15/21 aree di saggio relascopiche non permanenti distanziati di 7/10 km), sono state rese permanenti 3 aree su 15/21 (per il monitoraggio), ma, soprattutto, è stata avviata una complessa procedura definita *inventario multi-sorgente* che prevede l'utilizzo delle informazioni desunte nell'abituale inventario al suolo, con l'integrazione di informazioni ricavate da diversi documenti tematici esistenti, per interpretare ed estendere informazioni spettrali derivanti da telerilevamento spaziale (Landsat TM). In pratica vengono utilizzati i punti inventariali rilevati al suolo e i corrispondenti *pixel* dell'immagine Landsat che contengono tali punti. Il processo mira ad individuare relazioni tra le variabili forestali misurate al suolo e le risposte spettrali dei rispettivi *pixel*. L'informazione spettrale è relativa ad una copertura nazionale mono-temporale Landsat (50 immagini).

Queste immagini non vengono utilizzate come tali, ma subiscono tutta una serie di fasi preparatorie:

– georeferenziazione e trasformazione di passo in *pixel* di 25x25 m sulla base dei sistemi di rappresentazione topografica nazionale;
– correzione del "rumore orografico" (che in Finlandia risulta comunque molto basso, data la scarsa variabilità orografica del territorio) sulla base di un modello digitale nazionale dei terreno;
– individuazione ed esclusione della superficie occupata da acque interne (via risposta spettrale sulle immagini Landsat stesse);
– individuazione delle superfici boscate (4 *land-use forestry classes*) sulla base di mappe digitali nazionali degli usi dei suolo prodotte dal *National Land Survey* e dal Catasto per quanto attiene le aree urbanizzate;
– stratificazione dei punti inventariali rilevati al suolo nelle due grandi categorie "aree forestali su torbiera (*peatland*)" e "aree forestali su suolo minerale" e corrispondente ripartizione dei *pixel* delle immagini nelle due categorie attraverso una "*digital peatland mask*".

Solo successivamente viene applicato un metodo piuttosto complesso detto *reference sample plots method* (RSP) attraverso il quale, in base alle distanze spettrali euclidee tra *pixel* da classificare e i *pixel* rilevati al suolo nell'ambito dell'IFNF (NFI *pixel*) che giacciono all'interno di 50/100 km di raggio (e in una fascia di 50/100 m di altitudine) dal *pixel* da classificare, viene stimato il valore della variabile forestale di volta in volta analizzata, a livello di quest'ultimo *pixel* (Tokola e Heikkilä, 1997). Il metodo agisce in aree sicuramente forestali, individuate come tali per altra via (come si è visto in precedenza).

Va sottolineato che lo "scheletro" informativo nazionale forestale è fornito dal tradizionale inventario sistematico al suolo per *tract*. L'RSP viene invece impiegato per stimare i dati a livello di aree più ridotte di vario tipo (amministrative, afferenti a proprietà diverse, ecc.). Tali aree sono spesso anche molto piccole (<1000 ha). Inoltre, attraverso l'RSP vengono prodotte cartografie tematiche digitali per diverse variabili forestali (provvigioni, biomasse, composizioni, ecc.).

5.1.5 Norvegia

In Norvegia viene realizzato un inventario nazionale forestale basato su un disegno sistematico in una singola fase realizzato esclusivamente al suolo.

Le aree di saggio sono permanenti ed individuate (ultimamente sfruttando anche la tecnologia GPS) sulle maglie di un reticolo nazionale trichilometrico. Viene realizzato un rilievo ogni cinque anni che stima i valori attuali e le variazioni. Il metodo è quello dei CFI (*Continuous Forest Inventory*). Inventari riferiti a dati particolari (condizioni forestali, *birch inventory*) vengono eseguiti sfruttando la stessa rete ma diminuendo l'intensità (9x9 km, 18x18 km). In alcune regioni vengono realizzati *cluster* di aree di saggio temporanee attorno al nodo trichilometrico, con l'intento di migliorare le stime regionali.

In Norvegia non vengono prodotte carte forestali e non si impiega alcun tipo di telerilevamento né analogico né digitale, né aerofotogrammetrico né spaziale. Prima della prossima sessione inventariale verrà valutato se l'impiego di un metodo analogo a quello adottato in Finlandia (collegamento tra misure al suolo e informazione spettrale da telerilevamento spaziale) potrà essere implementato nell'IFN norvegese. Allo stato non esistono peraltro valutazioni definitive circa questa ipotesi.

5.1.6 Spagna

La Spagna è alla seconda tornata inventariale nazionale.

Sul piano metodologico, l'inventario spagnolo ha qualche assonanza con quello francese, prima fra tutte quella di essere articolato su base regionale (50 province).

Il disegno campionario prevede l'individuazione al suolo (assistita dall'uso di foto aeree) di punti di sondaggio permanenti posti sui nodi di una rete chilometrica. Successivamente, tutti i dati relativi alle aree di saggio appartenenti ai vari strati nei quali viene suddivisa la

popolazione vengono utilizzati per fornire le stime di strato, che poi vengono estese all'intera superficie degli stessi. La dimensione degli strati viene misurata per sommatoria dei poligoni territoriali loro afferenti utilizzando le funzioni di un GIS (ARCINFO) nel quale sono rappresentati. Tale archiviazione degli strati è processo in parte extrainventariale, effettuato nell'ambito della redazione della "Mappa delle coltivazioni agrarie" per quanto attiene gli usi dei suolo e le tipologie forestali, in parte incluso nelle operazioni inventariali (mappe della proprietà forestale, delle zone protette, delle fasce altimetriche). Tutte queste mappe sono realizzate alla scala 1:50.000 e, come evidenziato, archiviate in GIS. Viene anche impiegato un DTM (modello digitale dei terreno) nazionale. Va quindi sottolineato che nell'inventario forestale spagnolo la determinazione e localizzazione della superficie forestale è un dato a priori che il processo inventariale trae da altre fonti.

Nell'inventario forestale spagnolo l'impiego del telerilevamento è limitato all'utilizzo, per l'individuazione dei nodi inventariali a terra, di fotogrammi in pancromatrico al 30.000 esistenti (servizio topografico nazionale). Non viene eseguito alcun tipo di fotointerpretazione vera e propria ma soltanto un trasferimento dei punti nodali sui fotogrammi per facilitare il loro reperimento al suolo.

I risultati dell'inventario vengono forniti su base regionale. Accanto ai dati numerici vengono redatte mappe che tematizzano le varie informazioni a livello di strato.

Futuri sviluppi dei metodo inventariale non sono previsti. Si utilizzeranno le nuove mappe dell'uso del suolo e dei tipi forestali nel frattempo prodotte e le nuove coperture fotogrammetriche realizzate dal servizio topografico nazionale.

5.1.7 Svezia

L'inventario forestale nazionale svedese risente dei l'impostazione scandinava tradizionale. Si tratta infatti di un inventario sistematico al suolo per grappoli temporanei e permanenti di aree di saggio (*tract*). il rilevamento viene effettuato su sottocampioni annuali di tract ed è organizzato in cicli decennali.

Non vengono utilizzate foto aeree se non nelle aree montagnose per facilitare l'individuazione al suolo della localizzazione dei *tract*. Altri parziali utilizzi di riprese aeree sono quelli per stabilire la classe di estensione delle unità forestali e la valutazione della densità della viabilità. Per la definizione del tipo di proprietà e delle aree sottoposte a vincolo di tipo naturalistico si impiegano mappe realizzate a livello nazionale in sede extrainventariale.

Dalle fonti bibliografiche esaminate non è risultato chiaro se i risultati dell'inventario sono forniti anche a scala regionale. Nell'ambito della realizzazione inventariale non vengono prodotte carte forestali di alcun tipo.

Anche in Svezia si sta ipotizzando una revisione metodologica che preveda l'impiego di dati derivanti da telerilevamento digitale spaziale. La previsione riguarda già la prossima tornata inventariale. Le ipotesi d'uso del telerilevamento da satellite, anche in questo caso, come in quello della Norvegia, sono ispirate a modelli finlandesi (cfr. par. 5.1.4).

5.1.8 Svizzera

Tra gli inventari forestali nazionali europei, quello elvetico (assieme a quello francese) è probabilmente l'inventario dove l'impiego delle immagini aerofotogrammetriche (copertura pancromatrica totale in scala 1/30.000 fornita e aggiornata costantemente dal Servizio topografico nazionale) ha il maggior peso nella determinazione dei risultati inventariali finali. L'IFN elvetico è infatti un inventario a due fasi con stratificazione preliminare per punti. Infatti, tramite oltre 160.000 fotopunti (disposti sulle maglie di un reticolo quadrato di 500 m di lato) viene stimata la superficie forestale nazionale e la sua suddivisione in strati (sulla base di parametri forestali quali composizione, densità, altezza media dei soprassuolo, ecc.). Il monitoraggio dei cambiamenti rispetto alla sessione inventariale precedente viene effettuato sul fotogramma ma viene sempre controllato al suolo. La fotointerpretazione è

supportata anche dall'impiego di mappe nazionali esistenti relative alla vocazione e all'uso dei suoli. Indipendentemente dai fotopunti, su un reticolo sistematico di 1,4 km di lato vengono individuate le aree di saggio da rilevare al suolo che hanno carattere permanente. Nella seconda tornata inventariale a tali aree di saggio permanenti sono state affiancate altre 600 aree di saggio temporanee ancorate al reticolo dei fotopunti.

Il "contenuto" degli strati viene stimato moltiplicando i valori medi di strato (aree di saggio rilevate al suolo) per la stima (fotopunti) dell'ampiezza degli strati stessi. Gli errori di campionamento vengono naturalmente "propagati". Infatti, l'ampiezza di strato non viene "misurata" per vera e propria mappatura come nell'inventario francese, ma stimata per punti (e quindi è affetta da un proprio errore), mentre i valori medi dei vari attributi (ad es. la provvigione) sono soggetti al normale errore di campionamento.

L'IFN elvetico non fornisce stime "cantonali", ma a livello di cinque macroregioni eco-geografiche (Jura, Mittelland, Prealpi, Alpi, Sud-Alpi). Alle stime cantonali provvedono inventari di iniziativa cantonale, e non in tutti i casi. Per il futuro si prevede di passare dalla fotointerpretazione con strumenti analitici alla fotogrammetria digitale.

5.1.9 Altri Paesi europei

L'analisi dei disegni campionari relativi agli altri inventari forestali nazionali europei non evidenzia ulteriori novità rispetto al quadro desumibile dalle realizzazioni fin qui esaminate.

Ciò sia per le particolarità metodologiche, non riconducibili a schemi ben definibili, che contraddistinguono alcune situazioni come quelle dell'Inghilterra, dell'Irlanda e dell'Olanda, sia per il carattere "assemblativo" non campionario che denotano in una certa misura le realizzazioni dell'est Europeo: è frequente infatti in tali Paesi la "ricostruzione" di dati nazionali (a volte parziali) a partire da combinazioni di dati locali desunti dalla pianificazione forestale di media e grande scala.

5.1.10 Alcune considerazioni sui disegni campionari, sui metodi e sulle tecnologie adottate nei principali inventari forestali nazionali europei

Circa le problematiche metodologiche evidenziate al paragrafo 5.1, di seguito vengono riportate alcune osservazioni conclusive che sembrano emergere dall'analisi effettuata nei precedenti paragrafi sui principali disegni inventariali forestali nazionali europei.

a) Inventari forestali nazionali e telerilevamento.

Accanto a molti inventari interamente realizzati al suolo, esiste un certo numero di progetti ove l'aerofotogrammetria assume un notevole peso. In questi casi, con l'eccezione francese, nessun Paese realizza peraltro coperture appositamente dedicate all'inventario, ma si sfruttano riprese esistenti, in genere effettuate ai fini dell'approntamento delle cartografie topografiche nazionali. Ciò comporta spesso la necessità di "adattamenti" sia sul piano della qualità dell'informazione ritraibile da immagini a scale quasi sempre non ottimali (11:30/40.000) che per quanto riguarda il riferimento temporale, spesso sfalsato tra epoca delle riprese e momento dell'inventario.

Quasi mai viene effettuata una fotointerpretazione "classica" per poligoni omogenei mappati ma, nel caso di adozione di uno schema bifasico di campionamento, vengono utilizzati consistenti campioni di fotopunti che surrogano una stratificazione a priori vera e propria. L'approccio, molto più percorribile in termini di costi, non consente la realizzazione contestuale di carte forestali, ma permette di contenere l'errore di stima dell'ampiezza degli strati nei quali viene suddivisa la superficie forestale e la "propagazione" di quest'ultimo con l'errore di campionamento al suolo delle variabili forestali riferite all'unità di superficie. In conclusione, circa il telerilevamento fotografico, avendo la necessità di disporre di coperture estese a tutto il territorio nazionale, si fa affidamento su riprese esistenti e si rinuncia

quindi alle migliori potenzialità offerte da emulsioni fotografiche più adatte nella discriminazione della vegetazione (quali l'infrarosso a colori falsati – IRFC) e all'impiego di riprese a grande scala (1:10/15.000), la cui realizzazione "a tappeto" comporta notevoli costi.

Per quanto riguarda l'impiego del telerilevamento digitale spaziale (da satellite), esiste un'area "scandinava" di interesse (Finlandia, Norvegia, Svezia) che ha nella Finlandia l'esperienza di punta (già operativa, pur se come progetto integrativo all'inventario tradizionale) e negli altri due Paesi due "osservatori interessati" in vista di eventuali futuri impieghi del metodo finlandese. Si tratta peraltro di applicazioni piuttosto prudenti, che, in Paesi ad elevata omogeneità forestale ed orografica, non si pongono nemmeno l'obiettivo di individuare, tramite le immagini satellitari, le aree forestali, ma soltanto di correlare le informazioni raccolte nei punti forestali rilevati al suolo con le risposte spettrali degli stessi fornite dai sensori multispettrali satellitari e di estendere poi tali informazioni a tutti i punti (*pixel*) spettralmente affini in contesti territoriali e orografici omogenei. Da notare che, a tal fine, non si può comunque prescindere dalla disponibilità di un modello digitale del terreno (nazionale) senza il quale non si ritiene possibile depurare l'informazione spettrale dal "rumore" introdotto dalla variabilità orografica dei territorio.

Se una impressione si può trarre, la "via finlandese" all'impiego del telerilevamento spaziale nell'inventario forestale nazionale, vista soprattutto, ma non solamente, nei suoi esiti cartografici, assume una certa connotazione di "virtualità". Come già sottolineato, nemmeno in questo caso si pretende comunque di individuare le aree forestali attraverso il telerilevamento da satellite e nemmeno si tenta di pervenire, tramite tale supporto informativo, a stratificazioni tipologiche, anche se elementari. In tema di telerilevamento digitale spaziale si dichiarano interessi ad implementazioni future in qualche altro Paese europeo, peraltro in assenza di ipotesi sicure.

Sempre a proposito dell'impiego di tale tecnologia e come già ricordato, appare emblematico il caso francese, ove il Paese proprietario del satellite da telerilevamento a più alta risoluzione geometrica esistente (SPOT) non ritiene di impiegarlo ai fini della realizzazione dei proprio IFN.

b) Inventari e disarticolazione regionali dei dati nazionali.

La disarticolazione regionale dei dati nazionali viene effettuata quasi esclusivamente nei casi in cui l'impianto inventariale è strutturato in partenza per cicli di rilievo regionale periodico (Francia, Spagna). In tali situazioni, occorre notare che, o si realizzano (come in Francia), contestualmente all'inventario, carte forestali (anche se magari solo in riferimento a suddivisioni tipologiche molto generali), o tali carte preesistono (Spagna). In entrambe le situazioni, solo in presenza di stime delle superfici forestali regionali (e delle loro grandi ripartizioni) derivanti da vere e proprie mappature basate sulla fotointerpretazione "a tappeto" del territorio si può ridurre a dimensioni accettabili il numero di punti di campionamento da individuare al suolo nell'ambito di ciascuna regione. I punti di campionamento in questo tipo di inventari hanno infatti più la funzione di stimatori delle ripartizioni tipologiche di dettaglio delle superfici forestali, le cui entità complessive sono note appunto per altra via (misurazione di superfici mappate).

Si può quindi concludere rispetto a questo aspetto che la situazione più comune in ambito europeo prevede un disegno inventariale che fornisce le informazioni necessarie, alle attendibilità previste, al solo livello nazionale. Le amministrazioni regionali o gli eventuali stati federati sono poi lasciati liberi di procedere con iniziative inventariali indipendenti.

c) Gli inventari forestali nazionali e l'approntamento di carte forestali.

Il processo di realizzazione di carte forestali nazionali sia in sede inventariale o al di fuori di essa risulta a tutt'oggi una realizzazione molto onerosa e, nel panorama europeo, circostanza assai poco frequente.

Questo stesso gruppo di lavoro, nel corso della preparazione dei presente studio, a partire da una impostazione iniziale " possibilista", ha progressivamente maturato significative perplessità circa la percorribilità di impostazioni metodologiche che contemplino tra gli obiettivi inventariali una realizzazione contestuale e coordinata di una carta forestale nazionale. Infatti, pur tenendo inizialmente conto delle indicazioni in tale direzione provenienti dal *panel* di specialisti di FRA 2000 – Kotka III, la precedente analisi della attuale realtà dei principali inventari forestali nazionali europei e un parallelo esame delle reali potenzialità offerte dal telerilevamento, con particolare riferimento a quello da satellite, non hanno offerto riscontri particolarmente positivi nei confronti della praticabilità di tale obiettivo. Si fa specifico riferimento al telerilevamento in quanto appare ovvio che la realizzazione di una carta forestale nazionale (o comunque di un prodotto cartografico preliminare al campionamento inventariale al suolo, finalizzato alla suddivisione della popolazione in strati omogenei) passerebbe necessariamente per l'impiego di tale tecnologia. Mentre si rinvia al capitolo 4 per una analisi più approfondita di questo aspetto metodologico, si desidera qui ribadire che l'impiego del telerilevamento da satellite pone forti perplessità circa le sue reali capacità discriminative delle aree forestali da alcuni altri usi dei suolo e, a maggior ragione, delle loro ripartizioni tipologiche, tenendo conto anche di una "definizione di bosco" piuttosto complessa e articolata come quella che si dovrà adottare per il prossimo IFN (cfr. par. 3.2.1). D'altra parte sembra al momento proibitivo (soprattutto in termini di costi) ipotizzare la realizzazione di riprese aerofotografiche idonee e "dedicate" che investano contemporaneamente l'intero territorio nazionale, come sarebbe richiesto nel caso dell'approntamento di una carta forestale. Anche in Francia, ove le risorse dedicate all'IFN sono decisamente rilevanti, il problema dei costi è stato "risolto" effettuando le riprese di aggiornamento per sessioni annuali che investono periodicamente solo un sottoinsieme di dipartimenti, non potendo quindi mai contare su un riferimento temporale univoco dei dati inventariali nazionali e delle cartografie. Infine, avvalersi delle riprese esistenti, compresa l'ortofotocarta realizzata dall'AIMA nel '96/'97 (di cui al capitolo 4 e nel prosieguo di questo capitolo) non appare proponibile ai fini della realizzazione di una carta forestale con significato effettivamente operativo, anche se, come si vedrà, l'ortofoto potrà risultare molto utile se impiegata al solo scopo di migliorare le stime della superficie forestale nazionale che scaturiranno dal processo di campionamento.

Senza volersi addentrare in argomentazioni che attengono alla sfera della scelta politica piuttosto che tecnico-metodologica, occorre però sottolineare che gli obiettivi degli inventari forestali nazionali si concretizzano da sempre nella definizione e nel periodico aggiornamento di un quadro informativo dettagliato sulla consistenza delle risorse forestali di un Paese, obiettivo che viene senza dubbio raggiunto adeguatamente anche in assenza di una realizzazione cartografica. Non si vuole con ciò negare l'utilità di una simile realizzazione, ma occorre anche dire che, con le attuali tecnologie, l'approntamento di una carta forestale – a costi accettabili – difficilmente potrebbe portare ad un prodotto effettivamente operativo.

5.2 Il nuovo inventario forestale nazionale italiano: ipotesi sui disegni di campionamento impiegabili

Si passa ora ad una rassegna delle ipotesi relative ai disegni di campionamento che potrebbero essere adottati ai fini della realizzazione del prossimo inventario forestale nazionale. Tali ipotesi metodologiche sono emerse nell'ambito di questo studio preparatorio e ne rappresentano uno tra i risultati più rilevanti in quanto la loro messa a punto ha tenuto conto necessariamente non solo degli aspetti prettamente statistici dei progetto inventariale ma di quasi tutte le principali scelte metodologiche che lo caratterizzano e che risiedono a monte e a valle del disegno campionario in sè stesso.

Secondo alcune indicazioni preliminari date dalla Committenza di questo studio preparatorio, alla quale logicamente spetterà la scelta finale, sono state individuate tre alternative, tutte percorribili, ma ciascuna caratterizzata da un certo grado di precisione delle stime a fronte di costi realizzativi differenti. Proprio l'analisi di quest'ultimo aspetto sarà il tema del capitolo 6, nel quale si cercherà anche di mettere in luce l'efficienza (in termini di rapporto costo/precisione) dei tre disegni di campionamento qui ipotizzati e di analizzare gli altri aspetti che concorreranno a far emergere quella che sarà un'indicazione preferenziale di questo gruppo di lavoro rispetto a uno di essi.

5.2.1 Campionamento in unica fase

Lo schema di campionamento in una unica fase è largamente impiegato nella realizzazione degli inventari forestali, in particolare nella variante caratterizzata da una distribuzione uniforme (sistematica) delle unità campionarie. Un disegno di questo tipo èstato adottato anche nella realizzazione del primo inventario forestale nazionale italiano. Appare quindi utile riprendere brevemente in esame l'esperienza precedente e valutarla in particolare per gli aspetti del disegno statistico, anche in vista delle proposte metodologiche che verranno illustrate nei successivi paragrafi nelle quali sono previste più fasi di campionamento.

Il disegno campionario adottato nel caso di IFN 85 si basava essenzialmente sull'impiego di un reticolo sistematico a maglie quadrate con lato di 3 km, ai nodi dei quale venivano individuate le unità di campionamento da visitare al suolo per le classificazioni e le misure. La popolazione statistica di riferimento era quindi costituita da un insieme di areole, ciascuna di estensione pari a quella delle unità di campionamento individuate al suolo, il cui complesso costituiva l'intera superficie territoriale italiana. Avendo impiegato unità di campionamento estese 600 m^2 la popolazione risultava costituita da circa 501.660.000 areole elementari. I nodi dei reticolo individuavano ciascuno il centro di un'areola campione, per un effettivo risultante di 33.444 unità campionarie, uniformemente distribuite su tutto il territorio nazionale.

Il disegno monofasico prevede che questo campione venga impiegato sia per la stima della superficie forestale totale (nonché delle sue ripartizioni tipologiche) che per la stima dei valori medi degli attributi quantitativi da associare alle determinazioni di superficie. È evidente che per le stime di superficie risulta necessario individuare sul terreno e classificare tutte le unità campionarie, mentre per le misure e per le classificazioni relative agli attributi quantitativi e qualitativi sia della stazione che del soprassuolo venivano coinvolte solo le unità di campionamento afferenti alle aree boscate.

Il disegno è caratterizzato principalmente da una rilevante e onerosa attività di localizzazione al suolo delle unità campionarie, molte delle quali non sono in seguito oggetto di misurazioni poiché risultano interessate da usi del suolo estranei a quelli di pertinenza dell'inventario forestale. Questa onerosa attività di localizzazione può essere in parte ridotta con una preliminare consultazione di idonei supporti informativi, quali la cartografia IGM e le fotografie aeree disponibili, in base alle quali escludere dal rilevamento al suolo almeno quelle aree campione che senza alcun dubbio, in questa prima sessione discriminante, appaiono estranee alle superfici di pertinenza inventariale (ad es. le acque interne, le rocce e i ghiacciai, le aree urbane).

Nell'ipotesi di riproposizione di questo schema campionario, è molto importante allora individuare una o più procedure che prevedano un potenziamento delle attività di analisi preliminare indirizzate alla riduzione del contingente di unità di campionamento da localizzare al suolo. Da un esame del materiale prodotto dal telerilevamento nel nostro Paese (cfr. cap. 4), i supporti informativi che appaiono idonei a questo scopo sono essenzialmente le ortofoto digitali realizzate dall'AIMA per i controlli integrati in agricoltura eseguiti per l'Unione Europea e, almeno sotto il profilo teorico, le immagini prodotte dal telerilevamento da satellite.

Di seguito vengono illustrate con un certo dettaglio le procedure impiegabili e le relative formulazioni statistiche, qualora venga ipotizzato l'impiego di uno schema di campionamento identico a quello adottato per l'inventario forestale nazionale '85, integrato da una fase di analisi preliminare basata sull'uso dei supporti informativi citati. Sono proposte quindi due varianti: la prima prevede di utilizzare le ortofoto consentendo così di escludere i punti sicuramente non boscati senza commettere errori di classificazione; la seconda invece prevede l'uso di immagini da satellite per l'individuazione preliminare dei punti di interesse inventariale, operazione che comporta errori di classificazione e che rende necessario l'impiego di procedimenti di correzione.

5.2.1.1 Disegno monofasico con impiego di ortofoto digitali

Attualmente, le ortofoto digitali sono disponibili solo per una parte del territorio nazionale, ma è prevista in tempi brevi una copertura completa. Questo tipo di immagini appare adatto a valutare la presenza del bosco in una data frazione del territorio poiché su di esse è di solito agevole valutare quelle grandezze che sono impiegate nell'ambito della definizione di bosco e cioè l'estensione del soprassuolo in esame, la larghezza nel caso di aree a prevalente sviluppo in una sola direzione, l'entità della copertura del suolo da parte della vegetazione forestale e la sua altezza. L'adozione di questo supporto informativo dovrebbe permettere di ridurre il numero di punti di sondaggio del reticolo da visitare al suolo con l'esclusione di quelli sicuramente non boscati, mentre per quelli residui di dubbia pertinenza e per quelli sicuramente collocati in aree forestali è prevista invece una localizzazione sul terreno per una definitiva e certa classificazione.

Utilizzando le informazioni ottenute con il primo inventario forestale nazionale, ci si può attendere che circa un terzo delle 33.444 unità di campionamento risulteranno appartenenti all'area boscata, mentre le rimanenti saranno associate ad altri usi del suolo (agricolo, urbano, acque, ecc.). Data questa alta frazione di unità di campionamento situate in aree non boscate, l'analisi preliminare su ortofoto appare economicamente quanto mai opportuna, anche in ragione delle già disponibili e poco costose procedure di impiego delle ortofoto in ambiente informatizzato.

Attraverso l'analisi preliminare e la successiva osservazione al suolo dei restanti punti di sondaggio, si dispone dell'informazione necessaria per l'effettuazione delle stime dell'estensione dell'area boscata e delle sue ripartizioni tipologiche. Di seguito sono indicate le formulazioni di stima che derivano dallo schema di campionamento adottato (figura 5.1), con l'impiego della seguente simbologia:

N numerosità complessiva della popolazione;
n numerosità dei campione che, in questo caso, è data dal numero di nodi del reticolo trichilometrico (33.444 punti);
n' numero di unità campionarie che risultano appartenere alla superficie forestale;

n'_i numero di unità campionarie che risultano appartenenti alla *i* -esima delle *m* frazioni (categorie) in cui può essere suddivisa la superficie forestale;
A superficie territoriale totale, assunta come conosciuta senza incertezza e pari a n. 900 = 30.099.600 ettari.

L'estensione dell'*i* -esima categoria inventariale viene stimata sulla base *dei* rapporto tra il numero di unità campionarie appartenenti a tale categoria e il numero complessivo delle unità di campionamento; questo rapporto, chiamato anche peso della categoria *i*, è pari a

$$\hat{p} = \frac{n'_i}{n} \qquad [5.1]$$

e una stima dell'estensione della corrispondente categoria, espressa in ettari, è data da

$$\hat{A}_i = \hat{p}_i A = \frac{n'_i}{n}(n900) = n'_i 900 \qquad [5.2]$$

Una stima della varianza di questo stimatore di superficie può essere ottenuta ricorrendo alle formulazioni di Matèrn sviluppate nell'ambito della teoria del campionamento sistematico a due dimensioni (Matèrn, 1961; Ceccon e Tabacchi, 1998). È infatti necessario ricorrere a tale teoria data la distribuzione secondo un reticolo regolare delle unità di campionamento e per l'autocorrelazione esistente tra le informazioni desunte da unità campionarie contigue e spazialmente dipendenti, quali quelle relative alla copertura dei suolo. A tal fine a ciascuno degli *n* punti del campione si assegnano le coordinate (*l, m*), con *l* indice di riga e *m* indice di colonna (cfr. figura 5.2), per cui con P (*l, m*) si indica il generico punto di coordinate (*l, m*). Si definiscono le due funzioni

f(l,m)= { 1 se *P(l,m)* viene assegnato alla categoria in esame; 0 se *P(l,m) non* viene assegnato alla categoria in esame [5.3]

e

$$d_{l,m} = f(l,m) + f(l+1,m+1) - f(l+1,m) - f(l,m+1) \qquad [5.4]$$

Con tali premesse la stima della varianza campionaria della stima del peso della categoria esaminata è data, secondo Matèrn, da

$$\hat{v}(\hat{p}_i) = \frac{\sum_{l,m} d^2_{ilm}}{4(n)^2} = \frac{\hat{p}^2_i \sum_{l,m} d^2_{ilm}}{4(n'_i)^2} \qquad [5.5]$$

che in termini di superficie, si traduce in

$$\hat{v}(\hat{A}_i) = \hat{v}(900 n'_i) = \hat{v}(900 n \hat{p}_i) = (900n)^2 \hat{v}(\hat{p}_i) = (900 n \hat{p}_i)^2 \frac{\sum_{l,m} d^2_{ilm}}{4(n'_i)^2} \qquad [5.6]$$

Per il calcolo della funzione [5.4] su ogni punto dei reticolo, e in seguito delle varianze campionarie di $\hat{p}_i$ e di $\hat{A}_i$, è necessario conoscere preventivamente la classificazione di tutti i punti dei reticolo. Non è possibile quindi impiegare tali relazioni per fare valutazioni preliminari basate su ipotesi di massima. Però, se si vuole avere comunque una indicazione di larga massima sull'entità degli errori di campionamento nella stima delle superfici, si può ricorrere ad uno scenario campionario leggermente diverso da quello che sarà poi real-

mente adottato. Si può cioè ipotizzare di impiegare le relazioni valide per lo schema di campionamento casuale semplice (con riposizione) per la stima delle varianze campionarie connesse alle proporzioni e alle conseguenti determinazioni di superficie. Operando sotto questa ipotesi e impiegando le informazioni fornite dal primo inventario forestale nazionale, sono state stimate le incertezze che verosimilmente accompagneranno le determinazioni di superficie forestale a livello di regioni, di province autonome e, naturalmente, dell'intera nazione (cfr. tabella 5.1).

Va comunque chiarito che l'adozione delle formulazioni relative a una diversa procedura di campionamento qui ipotizzata comporta in questo caso una sovrastima dell'errore di campionamento. Da uno specifico confronto attuato con le informazioni acquisite nell'ambito dell'inventario forestale della Regione Toscana, è risultato che gli errori standard determinati impiegando le relazioni proposte da Matèrn sono mediamente più contenuti di circa un terzo rispetto a quelli calcolati con le relazioni indicate per il campionamento casuale semplice con riposizione. Una così forte contrazione delle incertezze è peraltro in parte ascrivibiie alla elevata intensità di campionamento che caratterizza l'inventario della Toscana (un punto di sondaggio ogni sedici ettari) aspetto che fa presumere una notevole autocorrelazione spaziale delle unità.

Nel caso di un'intensità di campionamento più contenuta (nella presente ipotesi un punto ogni 900 ettari) la contrazione delle incertezze sarà certamente inferiore. Ancora con i dati dell'inventario toscano, lo stesso tipo di confronto ha evidenziato, con l'impiego di un reticolo più lasso (un punto ogni 400 ettari), una contrazione delle incertezze del 15% circa. Sulla base di queste informazioni, si può verosimilmente ritenere che le effettive stime finali degli errori di campionamento esposte nella tabella 5.1 saranno, nella realtà, di circa il 10% più contenute.

Per ottenere le stime dei valori totali di strato per un qualsiasi attributo di tipo quantitativo, è necessario disporre dei valori medi di strato, oltre che dell'estensione territoriale dello strato in esame. Se indichiamo con *y* il valore per unità di superficie di un generico carattere quantitativo, per cui y_{ih} sarà il valore *h* -esimo dell'attributo nello *i* -esimo strato, la media campionaria calcolata è data dalla

$$\bar{y}_i = \frac{1}{n'_i} \sum_{h=1}^{n'_i} y_{ih} \qquad [5.7]$$

la cui varianza campionaria è pari a

$$\hat{v}(\bar{y}_i) = \frac{1}{n'_i (n'_i - 1)} \sum_{h=1}^{n'_i} (y_{ih} - \bar{y}_i)^2 \qquad [5.8]$$

Il valore totale stimato per l'attributo *y* nello strato *i* -esimo è dato da

$$\hat{y}_i = \hat{A}_i \bar{y}_i \qquad [5.9]$$

la cui varianza può essere stimata, in maniera approssimata, con la seguente relazione

$$\hat{v}(\hat{y}_i) = \bar{y}_i^2 \hat{v}(\hat{A}_i) + \hat{A}_i^2 \hat{v}(\bar{y}_i) - \hat{v}(\hat{A}_i) v(\bar{y}_i) \qquad [5.10]$$

Tale stimatore della varianza dei totale di strato è approssimato poiché esso assume questa forma sotto l'ipotesi di indipendenza dei campioni su cui si basano le stime della superficie e dei valore medio, ipotesi non rispettata con il disegno campionario proposto. È questa una condizione che interessa la maggior parte degli schemi di campionamento impiegati negli inventari forestali, organizzati sia in una che in più fasi. Non disponendo al momento attuale di una adeguata soluzione teorica a questo problema, si prevede l'adozione della formulazione indicata in [5.10], con la consapevolezza della sua approssimazione per eccesso dovuta alla mancanza dei termini di covarianza di difficile valutazione (Ceccon e Tabacchi, 1998).

Nella scheda 5.1 sono sinteticamente esposte alcune previsioni sugli errori di stima dell'estensione della superficie forestale nazionale e di alcune sue ipotetiche suddivisioni, calcolate adottando le formulazioni valide per il campionamento casuale semplice al disegno monofasico.

5.2.1.2 Disegno monofasico con impiego di immagini da satellite

Qualora non sia possibile impiegare le ortofoto digitali, si può ipotizzare uno schema inventariale identico al precedente nel quale però l'analisi preliminare venga effettuata con immagini acquisite da sensori spaziali. Fra le altre, la maggiore differenza tra le immagini considerate in precedenza e quelle fornite dai satelliti per telerilevamento consiste, almeno allo stato attuale, nell'impossibilità di adottare con queste ultime le modalità di definizione di bosco che dovranno essere proprie del nuovo IFN. Ciò ovviamente comporta l'adozione di una strategia di analisi e di modalità di osservazione campionaria leggermente diverse.

Sulla base dello studio sulle possibilità di impiego dei telerilevamento, i cui risultati sono esposti nel quarto capitolo, si può ipotizzare di utilizzare una procedura di analisi delle immagini da satellite che arrivi, con una certo grado di approssimazione, a ripartire il territorio nazionale in tre grandi strati, lo strato *Vegetato Boscato*, lo strato *Vegetato Non Boscato* e lo strato *Non Vegetato*. Successivamente, adottando reticoli con maglie di diversa dimensione in riferimento ai tre tipi di superficie citati, sarà possibile acquisire le informazioni per stimare l'estensione di ciascuna di tali ripartizioni.

In particolare, l'estensione dello strato *Vegetato Boscato* andrebbe stimata, in questa variante metodologica dei disegno monofasico, sulla base dei numero di nodi di un reticolo trichilometrico che risulteranno collocati nello strato citato; l'estensione dello strato *Vegetato Non Boscato* andrebbe invece stimata con l'impiego di un reticolo a maglie più grandi (9 km per 9 km) e, per ultimo, l'estensione dello strato *Non Vegetato* verrebbe valutata mediante un reticolo con maglie di dimensioni intermedie (6 km per 6 km). Operando in tale maniera si potrebbero ottenere stime preliminari sull'estensione delle tre categorie previste, delle quali quella che più interessa è certamente la prima. L'impiego di tre reticoli a densità diversa risponde all'esigenza di "sondare" ciascuna delle tre ripartizioni con intensità in qualche modo proporzionale alla probabilità di riscontrare nei tre diversi domini aree di interesse inventariale. Si fa notare che ciascun nodo di reticolo andrà poi individuato e rilevato al suolo e risulta quindi conveniente (per motivi di costo) contenere il più possibile il numero di tali nodi.

Per l'impossibilità di un impiego esaustivo diretto della definizione di bosco, è scontato che un certo sottoinsieme delle unità di campionamento individuate sulle immagini da satellite con il reticolo trichilometrico e in tale sede classificate come appartenenti allo strato *Vegetato Boscato* non risulteranno poi tali dall'esame sul terreno. Analogamente, alcuni punti individuati con i reticoli impiegati per gli strati *Vegetato Non Boscato* e *Non Vegetato* potranno invece risultare come appartenenti al Bosco vero e proprio. È dunque necessario prevedere una procedura di correzione delle classificazioni preliminari effettuate sulle immagini satellitari da attuare poi utilizzando le informazioni realmente riscontrate sul terreno.

Il procedimento inventariale dovrebbe quindi articolarsi nel seguente modo:

- suddivisione, con apposite "maschere" di analisi, del territorio rappresentato sulle immagini da satellite secondo le tre categorie citate;
- sovrapposizione di uno specifico reticolo di campionamento per ogni suddivisione territoriale individuata in fase di analisi delle immagini, impiegando un reticolo trichilometrico per la categoria *Vegetato Boscato*, un reticolo esachilometrico per la categoria *Non Vegetato* e un reticolo con maglia 9 x 9 km per la categoria *Vegetato Non Boscato*;
- stima preliminare (provvisoria) dell'estensione delle tre categorie sulla base del numero di nodi dei rispettivi reticoli di campionamento ricadenti in ciascuna di esse;
- individuazione sul terreno dei punti nodali classificati nei tre casi (circa 9.000 per il *Vegetato Boscato*, circa 1.200 per il *Non Vegetato* e circa 4.000 per il *Vegetato Non Boscato*);
- classificazione definitiva dei punti di sondaggio, con registrazione delle classificazioni confermate e delle ricollocazioni tra le diverse categorie effettuate a correzione delle classificazioni desunte dall'analisi delle immagini satellitari;
- stime finali (corrette) dell'estensione delle tre categorie ed in particolare per lo strato *Vegetato Boscato* e per le sue ulteriori ripartizioni tipologiche interne; stime dei valori medi e totali di strato e di ripartizione tipologica sulla base delle misure realizzate al suolo.

Di seguito sono indicate le formulazioni di stima da impiegare nel disegno inventariale ipotizzato, con la seguente simbologia:

n_{VB} numerosità dei campione, pari al numero di nodi del reticolo 3 x 3 km di esplorazione dello strato Vegetato Boscato

n'_{VB} numero di unità campionarie individuate dal reticolo 3 x 3 km e classificate nello strato Vegetato Boscato

n_{NV} numerosità del campione nel caso del reticolo 6 x 6 km di esplorazione dello strato Non Vegetato

n'_{NV} numero di unità campionarie individuate dal reticolo 6 x 6 km e classificate nello strato Non Vegetato

n_{VNB} numerosità del campione, pari al numero di nodi del reticolo 9 x 9 km di esplorazione dello strato Vegetato Non Boscato

n_{VNB} numero di unità campionarie individuate dal reticolo 9 x 9 km e classificate nello strato Vegetato Non Boscato

Con queste informazioni possono essere effettuate le stime "preliminari" dei pesi dei tre strati e della loro estensione:

$$\hat{p}_{VB} = \frac{n'_{VB}}{n_{VB}};\ \hat{p}_{VNB} = \frac{n'_{VNB}}{n_{VNB}};\ \hat{p}_{NV} = \frac{n'_{NV}}{n_{NV}} \qquad [5.11]$$

e

$$\hat{A}_{VB} = 900n'_{VB}; \hat{A}_{VNB} = 8.100n'_{VNB}; \hat{A}_{NV} = 3.600n'_{NV} \qquad [5.12]$$

Per il solo strato Vegetato la varianza campionaria dei peso dello strato è data da

$$\hat{V}(\hat{p}_{VB}) = \frac{1}{n_{VB} - 1}\hat{p}_{VB}(1 - \hat{p}_{VB}) \qquad [5.13]$$

che, in termini di superficie, diventa

$$\hat{V}(\hat{A}_{VB}) = \hat{V}(900n'_{VB}) = 900^2\hat{V}(n'_{VB}) = 900^2 n_{VB}^2 \hat{V}(\hat{p}_{VB}) \quad [5.14]$$

Analogamente, per lo strato Vegetato Non Boscato, si ottiene

$$\hat{V}(\hat{p}_{VNB}) = \frac{1}{n_{NVB}}\hat{p}_{VNB}(1-\hat{p}_{VNB}) \quad [5.15]$$

e

$$\hat{V}(A_{VNB}) = \hat{V}(8.100n'_{VNB}) = 8.100^2\hat{V}(n'_{VNB}) = 8.100^2 n_{VNB}^2 \hat{V}(\hat{p}_{VNB}) \quad [5.16]$$

Ancora, per lo strato Non Vegetato, si ottiene

$$\hat{V}(\hat{p}_{NV}) = \frac{1}{n_{NV}-1}p_{NV}(1-\hat{p}_{NV}) \quad [5.17]$$

e

$$\hat{V}(\hat{A}_{NV}) = \hat{V}(3.600n'_{NV}) = 3.600^2\hat{V}(n'_{NV}) = 3.600^2 n_{NV}^2 V(\hat{p}_{NV}) \quad [5.18]$$

Le relazioni da [5.13] a [5.18] valgono nell'ipotesi dei campionamento casuale semplice con reinserimento. Nel caso in esame, in cui viene impiegato un campionamento sistematico, le stesse possono essere adottate in prima approssimazione, ricordando che, come indicato nel paragrafo precedente, in presenza di reticoli campionari a maglie larghe (con lato superiore a 2 km) gli errori campionari sono leggermente sovrastimati da tali relazioni. Per valutare gli errori in modo più preciso si potrà comunque adottare la procedura di Matèrn e applicare le relazioni [5.5] e [5.6] opportunamente adattate alla nuova simbologia.

Le stime preliminari, effettuate esclusivamente sulla base delle analisi delle immagini da satellite, saranno affette (come in precedenza sottolineato) da errori di classificazione. E quindi necessario localizzare al suolo tutti i punti campionari, afferenti a tutti e tre i reticoli di sondaggio, per verificare la classificazione operata sulle immagini. Qualora la prima classificazione risulti pienamente confermata, le stime preliminari diventano anche definitive e le formulazioni appena presentate sono sufficienti per le finalità inventariali. Se invece, come è largamente ipotizzabile, una aliquota di punti di sondaggio risulterà classificata erroneamente, sarà necessario predisporre una procedura di correzione delle stime preliminari. Con l'ulteriore notazione

- $n'_{VB,VB}$ numero di punti classificati Vegetati Boscati nella fase preliminare e confermati tali nella fase al suolo,
- $n'_{VNB,VB}$ numero di punti classificati Vegetati Non Boscati nella fase preliminare e transitati allo strato Vegetato Boscato dopo l'analisi al suolo,
- $n'_{NV,VB}$ numero di punti classificati Non Vegetati nella fase preliminare e trasferiti allo strato Vegetato Boscato dopo la fase al suolo,

sono di seguito illustrate le modalità di stima relative allo strato Vegetato Boscato, tralasciando quanto atterrebbe agli strati Vegetato Non Boscato e Non Boscato, che non hanno diretto interesse inventariale.

La stima corretta del peso dello strato Vegetato Boscato è allora data da

$$\frac{n'_{VB}}{n_{VB}}\frac{n'_{VBVB}}{n'_{VB}}+\frac{n'_{VNB}}{n_{VNB}}\frac{n'_{VNBVB}}{n'_{VNB}}+\frac{n'_{NV}}{n_{NV}}\frac{n'_{NVVB}}{n'_{NV}}+\frac{n'_{VB}}{n_{VB}}+\frac{n'_{VBNVB}}{n_{VNB}}+\frac{n'_{NV,\,VB}}{n_{NV}} \qquad [5.19]$$

Una formulazione approssimata per la stima della varianza di questa proporzione e corretta è proposta da DeVries (1986)

$$\hat{V}(\hat{p}_{VB}) \cong \left(\hat{p}^2_{VNB}-\frac{\hat{p}_{VNB}}{n_{VNB}}\right)\frac{p_{VNB,\,VB}(1-p_{VNB,\,VB})}{n'_{VNB}}$$

$$\left(\hat{p}^2_{VB}-\frac{\hat{p}_{VB}}{n_{VB}}\right)\frac{p_{VB,\,VB}(1-p_{VB,\,VB})}{n'_{VB}}+\left(\hat{p}^2_{NV}-\frac{\hat{p}_{NV}}{n_{NV}}\right)\frac{p_{NV,\,VB}(1-p_{NV,\,VB})}{n'_{NV}}$$

$$\frac{1}{n_{VB}}[\hat{p}_{VB}\ \hat{p}^2{}_{VB,\,VB}+\hat{p}_{NV}\ \hat{p}^2{}_{NV,\,VB}+\hat{p}_{NVB}\ \hat{p}^2{}_{VNB,\,VB}-(\hat{p}_{VB}\hat{p}_{VB,\,VB}+\hat{p}_{NV}\hat{p}_{NV,\,VB}+\hat{p}_{VNB}\hat{p}_{VNB,\,VB})^2] \qquad [5.20]$$

dove

$$\hat{p}_{VB,\,VB}=\frac{n_{VB,\,VB}}{n'_{VB}};\ \ \hat{p}_{VNB,\,VB}=\frac{n_{VNB,\,VB}}{n'_{VNB}};\ \hat{p}_{VB,\,VB}=\frac{n_{NV,\,VB}}{n'_{NV}} \qquad [5.21]$$

La relazione [5.20] può essere riscritta evidenziando i termini di varianza delle singole stime

$$\hat{V}(\hat{p}_{VB}) \cong \left[\hat{p}^2_{VB}+\left(\frac{n_{VB}-1}{n_{VB}}\right)-\hat{V}(\hat{p}_{VB})\right]\hat{V}(\hat{p}_{VB,\,VB})+\left[\hat{p}^2_{NV}+\left(\frac{n_{NV}-1}{n_{NV}}\right)-\hat{V}(\hat{p}_{NV})\right]\left(\hat{V}(\hat{p}_{NV,\,VB})\right)$$

$$\left[\hat{p}^2_{VNB}+\left(\frac{n_{VNB}-1}{n_{VNB}}\right)-\hat{V}(\hat{p}_{VNB})\right]\hat{V}(\hat{p}_{VNB,\,VB})+\frac{1}{n_{VB}}[\hat{p}_{VB}p^2_{VB,\,VB}+\hat{p}_{NV}p^2_{NV,\,VB}+\hat{p}_{VNB}p^2_{VNB,\,VB}$$

$$(\hat{p}_{VB}p_{VB,\,VB}+\hat{p}_{NV}p_{NV,\,VB}+\hat{p}_{VNB}p_{VNB,\,VB})^2] \qquad [5.22]$$

In termini di superficie, la varianza viene espressa da:

$$\hat{A}_{VB}=A\hat{p}_{VB} \qquad [5.23]$$

$$\hat{V}(\hat{A}_{VB}) = A^2 \hat{V}(\hat{p}_{VB}) \qquad [5.24]$$

dove A = 33.444 x 900 = 30.099.600 ettari è la superficie territoriale totale ritenuta nota e priva di incertezza.

Formulazioni analoghe vanno impiegate anche per le sottocategorie inventariali (tipologiche) nelle quali dovrà essere ripartito lo strato Vegetato Boscato.

Le relazioni da [5.11] a [5.24] possono essere generalizzate, con evidenza dei simboli, secondo la seguente formulazione:

– Stime preliminari

$$\hat{p}_i = \frac{n'_i}{n_i} \quad e \qquad \hat{V}(\hat{p}_i) = \frac{\hat{p}_i(1-\hat{p}_i)}{n_i - 1} \qquad \text{con } i = 1, 2, 3$$

$$\hat{A}_i = \alpha_i \qquad \text{con} \alpha_1 = 900 \quad \alpha_2 = 8.100 \quad \alpha_3 = 3.600$$

$$\hat{V}(\hat{A}_i) = \alpha^2_i \frac{n_i}{n_i - 1} n'_i \left(1 - \frac{n'_i}{n_i}\right)$$

assumendo l'ipotesi semplificativa che il campionamento sistematico con intensità ridotta può essere assimilato al campionamento casuale semplice con riposizione senza introdurre eccessive sovrastime delle incertezze.

– Stime corrette

$$\hat{p}_i = \sum_{j=1}^{3} \frac{n'_{ji}}{n_j} \qquad \text{con } i = 1, 2, 3 \text{ e } j = 1, 2, 3,$$

$$\hat{V}(\hat{p}_i) \cong \sum_{j=1}^{3} \left(\hat{p}^2_j - \frac{\hat{p}_j}{n_j}\right) \frac{\hat{p}_{ji}(1-\hat{p}_{ji})}{n_j} + \frac{1}{n_j}\left[\sum^{3} \hat{p}_j \hat{p}^2_{ji} - \left(\sum^{3} \hat{p}_j \hat{p}_{ji}\right)^2\right] \qquad \text{con } i = 1, 2, 3$$

oppure

$$\hat{V}(\hat{p}_i) \cong \sum_{j=1}^{3} \left[\frac{\hat{p}_j(n_j - 1)}{n_j} - \hat{V}(\hat{p}_j)\right] \hat{V}(\hat{p}_{ji}) + \frac{1}{n_i}[\ ] \qquad \text{con } i = 1, 2, 3$$

Infine

$$\hat{A} = A\hat{p}_i \quad \text{e} \quad \hat{V}(\hat{A}_i) = A^2\hat{V}(p_i) \quad \text{con } i = 1, 2, 3$$

Come già illustrato nella precedente procedura, per ottenere le stime dei valori totali di strato per un qualsiasi attributo di tipo quantitativo, è necessario disporre dei valori medi di strato oltre che dell'estensione territoriale dello strato in esame. Se indichiamo con *y* il valore per unità di superficie di un generico carattere quantitativo, per cui y_{ih} sarà il valore *h* -esimo dell'attributo nello *i* -esimo strato (per generalità si impiega l'indice *i*, al posto ad esempio dell'indice VB), la media campionaria calcolata è data dalla

$$y = \frac{1}{n'_i} \sum_{h=1}^{n'_i} y_{ih} \qquad [5.25]$$

la cui varianza campionaria è pari a

$$\hat{V}(\bar{y}_i) = \frac{1}{n'_i(n'_i - 1)} \sum_{h=1}^{n'_i} (y_{ih} - \bar{y}_i)^2 \qquad [5.26]$$

Il valore totale stimato per l'attributo *y* nello strato *i* -esimo è dato da

$$\hat{Y}_i = \hat{A}_i \bar{y}_i \qquad [5.27]$$

la cui varianza può essere stimata, in maniera approssimata, con la seguente relazione

$$\hat{V}(\hat{Y}_i) = \bar{y}_i^2 \hat{V}(\hat{A}_i) + \hat{A}_i^2 \hat{V}(\bar{y}_i) - \hat{V}(\hat{A}_i)\hat{V}(\bar{y}_i) \qquad [5.28]$$

Anche in questo caso lo stimatore della varianza del totale di strato è approssimato poiché esso assume questa forma sotto l'ipotesi di indipendenza dei campioni su cui si basano le stime della superficie e del valore medio, ipotesi non rispettata con il disegno campionario adottato.

5.2.2 Campionamento in due fasi

I due schemi illustrati nel paragrafo 5.2.1 sono caratterizzati dalla necessità di realizzare, nell'unica fase campionaria prevista, un numero molto elevato di unità di campionamento al suolo. Tale caratteristica rende questi disegni molto affidabili per quanto attiene alle diverse classificazioni tipologiche previste, abbastanza semplici da pianificare e realizzare, ma anche alquanto costosi per il consistente lavoro di individuazione e di posizionamento sul terreno dei numeroso contingente di unità campionarie da osservare.

Per limitare il costo del campionamento al suolo, si fa ricorso a schemi a due o più fasi, nell'ambito dei quali il lavoro al suolo, che costituisce l'ultima delle fasi campionarie, è limitato all'osservazione di un sottoinsieme molto contenuto delle unità campionarie coinvolte nelle fasi precedenti.

In un disegno bifasico, ad esempio, con la prima fase si individua un campione molto

consistente impiegando però supporti informativi a basso costo per singola unità di campionamento, quali possono essere le immagini prodotte con la fotografia aerea o con i sensori satellitari. Con tale campione vengono prodotte le stime di estensione delle varie categorie tipologiche riconoscibili utilizzando i supporti informativi citati.

La seconda fase consiste invece nell'estrazione di un sottocampione delle unità precedentemente individuate e classificate. Queste ultime vengono poi localizzate e osservate al suolo e sono a loro volta oggetto di misurazioni e di quelle classificazioni di dettaglio che possono essere effettuate esclusivamente sul terreno.

Di seguito vengono brevemente delineati due possibili varianti per lo schema di campionamento a due fasi, ognuna delle quali può essere impiegata nella realizzazione dell'inventario forestale nazionale. I disegni verranno poi meglio precisati e definiti, anche per quanto attiene alle modalità di formulazione delle varie stime campionarie.

Il primo prevede di operare una classificazione tipologica delle unità campionarie di prima fase limitata a poche classi, riferibili a quelle categorie di uso dei suolo e di copertura forestale ben riconoscibili e tali da poter considerare nullo l'errore di classificazione nella fase dei loro riconoscimento sulle immagini. Una ulteriore classificazione di dettaglio, con riconoscimento di sottocategorie più specifiche, viene effettuata con le sole unità campionarie di seconda fase individuate al suolo, che saranno anche oggetto delle diverse misurazioni e valutazioni secondo gli attributi previsti.

Il secondo schema bifasico prevede invece una prima fase in cui la classificazione delle unità campionarie sulle immagini è spinta fino al riconoscimento di tutte le categorie e sottocategorie previste dalla tipologia inventariale adottata. Il sottocampione di seconda fase viene poi impiegato per il controllo al suolo della classificazione effettuata in prima fase, per l'eventuale stima delle frazioni di conferma e/o di transito tra classi tipologiche diverse, e, infine – analogamente allo schema precedente – per l'esecuzione delle misure relative agli attributi previsti.

È comune ad entrambi i disegni una distribuzione a grappoli delle unità di campionamento di prima fase, realizzata su insiemi (*strisciate*) di fotogrammi.

Nei disegni inventariali a due fasi, la formazione dei campione di prima fase avviene solitamente sovrapponendo alle immagini un reticolo a maglie regolari i cui nodi individuano ciascuno un punto di sondaggio (fotopunto) che identifica il centro della corrispondente unità di campionamento (cfr par 5.1.8: IFN elvetico). Questo modo di operare presuppone logicamente la disponibilità di una completa copertura fotografica dei territorio nazionale.

Se non si dispone di tale copertura fotografica o se la sua realizzazione viene ritenuta troppo onerosa, è necessario adottare modalità di campionamento che prevedano un raggruppamento delle unità da osservare, limitando in tal modo il territorio da sottoporre a rilevamento fotografico. Tale modalità si concretizza con riprese aerofotografiche di frazioni limitate dei territorio nazionale (segmenti areolari), distribuite con criterio uniforme (sistematico) o casuale. Sui fotogrammi appartenenti a ciascun segmento viene sovrapposto un grappolo di unità di campionamento, ad esempio mediante un reticolo di punti di sondaggio a maglie regolari, tale da coprire alcune centinaia di ettari di territorio e con una densità di campionamento pari a un fotopunto per ettaro. La drastica riduzione dei territorìo da osservare rispetto alla copertura totale, e quindi dei costi da sostenere, può consentire la realizzazione di riprese aerofotografiche particolarmente idonee per un inventario forestale (IRFC a grande scala – 1:10.000).

È evidente che una articolazione per grappoli delle unità di campionamento di prima fase presenta anche altre caratteristiche di grande interesse operativo. La disiocazione per gruppi dei punti di sondaggio sulle immagini agevola molto il lavoro dei fotointerprete che può impiegare utilmente e per insiemi numerosi di fotopunti le sue conoscenze dei territorio, oppure può razionalizzare di molto i sopralluoghi preliminari sul terreno dovendo esaminare soltanto una frazione molto ben definita dei territorio. La concentrazione per gruppi delle unità di sondaggio di prima fase determina, anche se in misura minore, anche un raggruppamento delle unità selezionate per il sottocampione di seconda fase, con consistenti

risparmi nelle operazioni di trasferimento sul terreno da una unità campionaria alla successiva. Ulteriori vantaggi possono derivare qualora venga impiegata la tecnologia GPS per la localizzazione dei punti al suolo, la quale – dovendo adottare una procedura di correzione e comunicazione in tempo reale delle coordinate di una o più stazioni mobili rispetto ad una stazione fissa – risulta particolarmente efficiente in situazioni di reperimento di punti di sondaggio con dislocazione per gruppi.

Dopo queste osservazioni di carattere generale su disegni inventariali articolati in due fasi campionarie, vengono descritte due ipotesi di schema bifasico per le quali sono anche indicate le procedure a carattere statistico di formulazione delle stime delle grandezze di interesse inventariale forestale.

5.2.2.1 Disegno bifasico con classificazioni tipologiche in entrambe le fasi

Rispetto al procedimento usualmente adottato negli inventari forestali articolati in due fasi, che prevede una stima dei pesi (estensioni) degli strati che compongono la popolazione in esame attraverso il campione di prima fase e una successiva stima dei soli valori medi da associare alle determinazioni di superficie mediante il campione di seconda fase, il disegno qui illustrato sì caratterizza per l'adozione di una procedura di individuazione e stima delle ripartizioni inventariali che investe entrambe le fasi dei campionamento.

La formazione dei campione di prima fase avviene attraverso l'individuazione e la ripresa aerofotogrammetrica dei segmenti areolari. Queste porzioni di territorio sono distribuite uniformemente sul territorio nazionale e nell'ambito di ciascuna di esse viene posizionato un grappolo di unità campionarie. Ogni grappolo è definito mediante un reticolo a maglie regolari di dimensioni costanti (ad es. ciascuna maglia rappresenta un ettaro di territorio) e in corrispondenza di ogni suo nodo viene posizionata una unità campionaria (cfr. figura 5.3).

Con il campione di prima fase, costituito dall'insieme delle unità di campionamento individuate con i grappoli, si procede alla stima dell'estensione di un numero limitato di categorie inventariali mediante il riconoscimento e l'assegnazione a ciascuna di esse delle unità campionarie di pertinenza. L'adozione di poche categorie inventariali discende dalla volontà di rendere estremamente ridotto, se non nullo, il numero di unità classificate erroneamente, assumendo così che il disegno campionario sia da considerarsi privo di errori di classificazione. Si ricorda che in questa fase i riconoscimenti e le classificazioni avvengono sulle immagini.

La formazione dei campione di seconda fase avviene per estrazione casuale e in blocco (senza riposizione) di un sottoinsieme delle unità campionarie della fase precedente e con la loro individuazione sul terreno. Queste unità sono a loro volta oggetto di classificazione in categorie che rappresentano delle suddivisioni di maggior dettaglio di quelle definite nella prima fase. Anche in questo caso ovviamente non è previsto alcun errore di classificazione, in quanto l'assegnazione alle categorie viene effettuata con i rilievi a terra.

Con le unità campionarie individuate sul terreno, che afferiscono certamente solo a categorie e sottocategorie di interesse forestale, sono infine rilevati gli attributi sia quantitativi che qualitativi che saranno poi impiegati per caratterizzare adeguatamente le varie ripartizioni della superficie forestale.

Il procedimento ipotizzato è di seguito completato con l'esplicitazione delle formulazioni di stima campionaria delle grandezze d'interesse inventariale, impiegando la seguente simbologia:

N	numerosità complessiva della popolazione;
G	numero totale di grappoli in cui viene suddivisa l'intera popolazione;
n_{2k}	numero di unità dei k -esimo grappolo (k = 1, …, G);
N_{ik}	numero di unità dei k -esimo grappolo (k = 1, …, G) appartenenti alla i -esima categoria C_i (i = 1, ... m);

g numero di grappoli campione;

n'_{ik} numero di unità dei *k* -esimo grappolo campionato (k = 1, …, g) assegnate alla *i* - esima categoria C_i (i = 1, …, m);

$\hat{p}_{ik} = \frac{n'_{ik}}{n_{2k}}$ proporzione di unità dei k -esimo grappolo campionato (k 1, …, g) assegnate alla *i* -esima categoria C_i (*i* = 1, …, m).

Stime di prima fase

L'estensione dell'*i* -esima categoria inventariale viene determinata sulla base della stima della proporzione corrispondente, che – dato il disegno a grappoli – è pari a

$$\hat{p}_i = \frac{G}{gN}\sum_{k=1}^{g} n_{2k}\hat{p}_{ik} \quad \text{con } i = 1, \ldots, m \qquad [5.29]$$

La stima della superficie occupata da tale categoria è allora data dalla

$$\hat{A}_i = A \cdot \hat{p}_i \qquad [5.30]$$

con *A* pari alla superficie territoriale totale (assunta come conosciuta senza errore e pari a 30.099.600 ha). La stima della varianza campionaria della proporzione calcolata con la [5.29] è pari a (Diana e Salvan, 1987)

$$\hat{V}(\hat{p}_i) = \frac{G^2}{N^2}\frac{1}{g(g-1)}\sum_{k=1}^{g}\left(n_{2k}\hat{p}_{ik} - \frac{N}{G}\hat{p}_i\right)\frac{G-g}{G} \qquad \text{con } i = 1, \ldots, m \qquad [5.31]$$

che, in termini di superficie, si trasforma in

$$\hat{V}(\hat{A}_i) = A^2\hat{V}(\hat{p}_i) \qquad [5.32]$$

Stime di seconda fase

Con l'ulteriore notazione

n''_i numero di unità campionarie di seconda fase afferenti alla *i* -esima categoria

N''_{ij} numero di unità campionarie di seconda fase afferenti alla *i* -esima categoria e alla *j* -esima sottocategoria

la stima della proporzione della *j* -esima sottocategoria afferente alla *i* -esima categoria inventariale diventa

$$\hat{p}_{ij} = \frac{n''_{ij}}{n''_i} \qquad [5.33]$$

con varianza stimata pari a

$$\hat{V}(\hat{p}_{ij}) = \frac{n'_i - n''_i}{n'_i(n''_i - 1)}\,\hat{p}_{ij}(1-\hat{p}_{ij}) \qquad [5.34]$$

In termini di superficie si ottiene

$$\hat{A}_{ij} = \hat{A}_i \cdot \hat{p}_{ij} \qquad [5.35]$$

con varianza stimata

$$\hat{V}(\hat{A}_{ij}) = (\hat{p}_{ij})^2 \hat{V}(\hat{A}_i) + (\hat{A}_i)\hat{V}(\hat{p}_{ij}) - \hat{V}(\hat{A}_i)\hat{V}(\hat{p}_{ij}) \qquad [5.36]$$

Come già segnalato per la relazione [5.10], anche questo ultimo stimatore è approssimato poiché esso assume questa forma sotto l'ipotesi di indipendenza dei due campioni su cui si basano le stime (di prima fase) delle superfici delle categorie inventariali e quelle (di seconda fase) delle proporzioni relative alle sottocategorie inventariali.

Impiegando ancora le osservazioni campionarie di seconda fase, è possibile stimare i valori totali per un qualsiasi attributo di tipo quantitativo e per ogni sottocategoria inventariale prestabilita. Se indichiamo con *y* il valore per unità di superficie di un generico carattere quantitativo, per cui y_{ijh} sarà il valore *h* -esimo dell'attributo nello *ij* -esimo strato (sottocategoria), la media campionaria è data dalla

$$\bar{y}_{ij} = \frac{1}{n''_{ij}} \sum_{h=1}^{n''_{ij}} y_{ijh} \qquad [5.37]$$

la cui varianza campionaria è pari a

$$V(y) = \frac{1}{n''_{ij}(n''_{ij} - 1)} \sum_{h=1}^{n''_{ij}} (y_{ijh} - \bar{y}_{ij})^2 \qquad [5.38]$$

Il valore totale stimato per l'attributo *y* nella sottocategoria *ij* -esima è dato da

$$\hat{Y}_{ij} = \hat{A}_{ij} \cdot \bar{y}_{ij} \qquad [5.39]$$

con varianza campionaria

$$\hat{V}(\hat{Y}_{ij}) = (\bar{y}_{ij})^2 \hat{V}(\hat{A}_{ij}) + (\hat{A}_{ij})^2 \hat{V}(\bar{y}_{ij}) - \hat{V}(\hat{A}_{ij})\hat{V}(\bar{y}_{ij}) \qquad [5.40]$$

Anche in questo caso va segnalato che quest'ultima relazione propone una stima approssimata della varianza campionaria del valore totale per l'attributo considerato nella sottocategoria *ij* – esima, poiché il campione impiegato per la stima dell'estensione della sottocategoria e quello per la stima dei valore medio non sono indipendenti.

Nella scheda 5.2 sono sinteticamente esposte alcune previsioni sugli errori di stima dell'estensione della superficie forestale nazionale (e di alcune sue ipotetiche suddivisioni), relative al disegno bifasico con classificazione in entrambe le fasi.

5.2.2.2 Disegno bifasico con classificazioni tipologiche limitate alla prima fase

Lo schema campionario bifasico qui descritto segue quasi completamente la procedura standard già accennata, distinguendosi da questa per un impiego dei campione di seconda fase innanzitutto per la verifica e l'eventuale correzione delle classificazioni operate nella prima fase e poi anche per le misurazioni relative agli attributi di interesse inventariale.

Analogamente allo schema presentato nel precedente paragrafo, la formazione dei campione di prima fase avviene impiegando segmenti areolari uniformemente distribuiti sul territorio e posizionando in ciascuno di essi un grappolo di fotopunti. Con tale campione si procede alla stima dell'estensione di tutte le categorie e sottocategorie inventariali previste, attraverso il riconoscimento (sulle immagini) e l'assegnazione a ciascuna di esse delle unità campionarie individuate con i fotopunti. L'approccio qui seguito di assegnare le unità campionarie di prima fase a tutte le categorie e sottocategorie tipologiche prevede naturalmente la possibilità di compiere assegnazioni erronee delle unità di campionamento, assumendo così che il disegno campionario sia caratterizzato anche dalla presenza dell'errore di classificazione.

La formazione dei campione di seconda fase avviene ancora per estrazione casuale e in blocco di un sottoinsieme delle unità campionarie della fase precedente e con la loro localizzazione sul terreno. Queste unità sono a loro volta oggetto di classificazione con la finalità di controllare se la classificazione di prima fase – operata sulle stesse e spinta al riconoscimento sulle immagini fotografiche di tutte le categorie inventariali – è corretta o deve essere modificata alla luce dei l'osservazione diretta operata al suolo.

Infine, con le stesse unità localizzate sul terreno sono rilevati gli attributi quantitativi e qualitativi per la caratterizzazione delle ripartizioni della superficie forestale.

L'intero procedimento è ora ripreso con l'esplicitazione delle formulazioni di stima delle grandezze d'interesse inventariale, impiegando parte della simbologia e delle relazioni già presentate per lo schema bifasico precedente.

Stime di prima fase

Avvengono con le modalità viste nel paragrafo precedente; l'estensione dell'*i* -esima categoria inventariale viene determinata sulla base della stima della proporzione corrispondente, che – dato il disegno a grappoli – è pari a

$$\hat{p}_i = \frac{G}{gN} \sum_{k=1}^{g} n_{2k} \hat{p}_{ik} \qquad [5.41]$$

La stima della superficie occupata da tale categoria è allora data dalla

$$\hat{A}_i = A \cdot \hat{p}_i \qquad [5.42]$$

con A pari alla superficie territoriale totale (assunta come conosciuta senza errore e al solito pari a 30.099.600 ha).

La stima della varianza campionaria della proporzione calcolata con la [5.41] è pari a

$$\hat{V}(\hat{p}_i) = \frac{G^2}{N^2} \frac{1}{g(g-1)} \sum_{k=1}^{g} \left(n_{2k} \hat{p}_{ik} - \frac{N}{G} \hat{p}_i \right)^2 \frac{G-g}{G} \qquad \text{con } i = 1, \ldots, m \qquad [5.43]$$

che, in termini di superficie, si trasforma in

$$\hat{V}(\hat{A}_i) = A^2 \hat{V}(\hat{p}_i) \qquad [5.44]$$

Stime di seconda fase

Con la seguente modifica della notazione rispetto allo schema precedente:

n''_i numero di unità campionarie di seconda fase, assegnate alla *i* -esima categoria in prima fase,

n''_{ij} numero di unità dei campione di seconda fase assegnate alla categoria *j* -esima nel corso della prima fase (con l'impiego delle immagini fotografiche) e assegnate alla categoria *i* – esima con l'osservazione al suolo (seconda fase),

Le frazioni di conferma o di cambiamento di categoria a seguito della classificazione più accurata operata al suolo sono stimabili con la relazione

$$\tilde{p}_{ji} = \frac{n''_{ji}}{n''_i} \qquad [5.45]$$

Le stime di prima fase, calcolate con la [5.41] possono ora essere corrette con le informazioni fornite dal campione di seconda fase, per cui

$$\tilde{p}_{ji} = \sum_{j=1}^{m} \hat{p}_j \cdot \tilde{p}_{ji} \qquad [5.46]$$

che, per le m categorie inventariali, diventa

$$\hat{p}_1 = \hat{p}_1 \cdot \tilde{p}_{11} + \hat{p}_2 \cdot \tilde{p}_{21} + \hat{p}_3 \cdot \tilde{p}_{31} + \quad + \hat{p}_m \cdot \tilde{p}_{m1}$$

$$\hat{p}_2 = \hat{p}_2 \cdot \tilde{p}_{12} + \hat{p}_2 \cdot \tilde{p}_{22} + \hat{p}_3 \cdot \tilde{p}_{32} + \quad + \hat{p}_m \cdot \tilde{p}_{m2}$$

.
.
.

$$\hat{p}_m = \hat{p}_1 \cdot \tilde{p}_{1m} + \hat{p}_2 \cdot \tilde{p}_{2m} + \hat{p}_3 \cdot \tilde{p}_{3m} + \quad + \hat{p}_m \cdot \tilde{p}_{mm}$$

In termini di superficie, le stime corrette diventano

$$\hat{A}_i = A \cdot \hat{p}_i \qquad \text{con } i = 1, \ldots, m \qquad [5.47]$$

Per la stima delle varianze campionarie delle proporzioni corrette (calcolate con la [5.46]), si può impiegare la relazione già indicata per il disegno monofasico con correzione delle classificazioni preliminari, per cui si avrà

$$\hat{V}(p_i) \cong \sum_{j=1}^{m} \left[\frac{p_j(n''_j - 1)}{n''_j} - \hat{V}(\hat{p}_j) \right] \hat{V}(\tilde{p}_{ji}) + \frac{1}{n''_j} \left\{ \sum_{j=1}^{m} \hat{p}_j \, \tilde{p}^2_{ji} - \left(\sum_{j=1}^{m} \hat{p}_j \tilde{p}_{ji} \right)^2 \right\} \qquad [5.48]$$

dove $\hat{p}_j$ e $\hat{V}(\hat{p}_j)$ sono le stime ottenute in prima fase e

$$\hat{V}(\tilde{p}_{ji}) \cong \frac{\tilde{p}_{ji}(1-\tilde{p}_{ji})}{n''-1} \qquad [5.49]$$

permette di stimare le varianze delle proporzioni di passaggio basate sulle osservazioni dei campione di seconda fase.

Infine, le stime delle varianze relative alle determinazioni delle superfici corrette si ottengono con

$$\hat{V}(\hat{A}_i) = A^2 \hat{V}(\hat{p}_i) \qquad [5.50]$$

Analogamente a quanto indicato nel paragrafo precedente, con le osservazioni campionarie di seconda fase si stimano i valori medi e totali di tutte le m categorie e sottocategorie inventariali. Indicando ancora con *y* il valore per unità di superficie di un generico carattere quantitativo, la media campionaria di strato (categoria o sottocategoria) è data da

$$\bar{y}_i = \frac{1}{n''_i} \sum_{h=1}^{n''_i} y_{ih} \qquad [5.51]$$

con varianza stimata

$$\hat{V}(\bar{y}_i) = \frac{1}{n''_i (n''_i - 1)} \sum_{h=1}^{n''_i} (y_{ih} - \bar{y}_i)^2 \qquad [5.52]$$

e, passando al valore totale di strato,

$$\hat{Y}_i = \hat{A}_i \cdot \bar{y}_i \qquad [5.53]$$

con varianza campionaria

$$\hat{V}(\hat{Y}_i) = (\bar{y}_i)^2 \hat{V}(\hat{A}_i) + (\hat{A}_i)^2 \hat{V}(\bar{y}_i) - \hat{V}(\hat{A}_i)\hat{V}(\bar{y}_i) \qquad [5.54]$$

Va ancora osservato che quest'ultima relazione è approssimata per la ragione già più volte segnalata della non indipendenza dei campioni che contribuiscono alla formulazione di stima dei valore totale.

5.2.3 Campionamento in tre fasi

Lo schema inventariale a due fasi, nelle varianti descritte nel paragrafo 5.2.2, permette di ridurre il numero di unità di campionamento da osservare al suolo, alla realizzazione delle quali va addebitata una parte consistente dei costi totali di attuazione di un inventario forestale.

La numerosità dei campione di seconda fase è correlata anche al numero di grappoli che costituiscono il campione di prima fase con il quale vengono effettuate le prime stime di estensione degli strati nei quali è ripartita la popolazione. Data la modalità di distribu-

zione uniforme (sistematica) dei grappoli, una parte di questi andrà a posizionarsi sicuramente in frazioni di territorio con scarsa ricorrenza di aree forestali, determinando così una riduzione dell'efficienza estimativa complessiva dei disegno.

Tale riduzione può essere superata o attraverso una preliminare compartimentazione di massima dell'intero territorio nazionale, con l'individuazione di grandi suddivisioni territoriali caratterizzate da una diversa incidenza della superficie forestale, oppure attuando una distribuzione delle unità di campionamento primarie (i grappoli di fotopunti) che ne favorisca – pur nell'ambito di regole di formazione casuale dei campione – l'addensamento nelle frazioni di territorio più interessate dalla presenza del bosco. in particolare, nell'ipotesi di disporre per tutto il territorio nazionale di uno strumento come le ortofoto digitali AIMA, delle quali si è già delineato un possibile impiego nell'ambito del disegno monofasico (cfr. § 5.2.1.1), si può adottare una procedura preliminare al campionamento di prima fase che permette un'opportuna selezione dei segmenti areolari.

In sostanza, si tratterebbe di far precedere lo schema bifasico descritto in precedenza da un'analisi preliminare sull'intero territorio nazionale da attuare suddividendo lo stesso in porzioni di superficie pari a quella successivamente esplorata dai grappoli di fotopunti. La proporzione di bosco di ciascuna di queste parti di territorio viene stimata mediante un reticolo di campionamento sistematico uniforme sovrapposto alle ortofoto con il quale si stima anche la superficie forestale totale. La stima della proporzione di bosco permette di assegnare un peso a ciascuno di tutti i grappoli teoricamente individuabili sull'intero territorio nazionale e di selezionare in seguito un campione di tali grappoli in modo tale che quelli con maggiore "peso forestale" abbiano una più alta probabilità di essere estratti nel processo di selezione dei grappoli di seconda fase.

Analogamente ai disegni bifasici, anche in questo caso vengono ipotizzate due varianti dello schema di base. Nella prima di esse le classificazioni tipologiche vengono effettuate sia sui fotopunti dei grappoli (seconda fase) sia, con dettaglio maggiore, nelle unità di campionamento al suolo (terza fase), mentre nella seconda variante le classificazioni tipologiche riguardano preva lentemente le unità individuate con i grappoli e vengono verificate al suolo solo per eventuali aggiustamenti delle stime relative alle fasi precedenti.

Di seguito vengono illustrate le due ipotesi di disegno trifasico, con l'indicazione delle modalità di formulazione delle stime campionarie delle principali grandezze d'interesse inventariaie.

5.2.3.1 Disegno trifasico con classificazioni tipologiche in tutte e tre le fasi

Lo schema qui illustrato è molto simile a quello proposto nella prima variante dei disegno bifasico (cfr. § 5.2.2.1), rispetto al quale si differenzia per una procedura iniziale preliminare (che denomineremo "fase" impropriamente, in quanto non viene individuato un campione dal quale successivamente vengano estratti sottocampioni) nella quale tutti i punti di un reticolo sistematico a maglie quadrate, sovrapposto alle ortofoto digitali, vengono innanzitutto classificati soltanto rispetto alVappartenenza o meno alla superficie forestale. È bene sottolineare fin d'ora che questo reticolo è diverso e indipendente da quello (molto più fitto) che determina l'individuazione dei fotopunti nei grappoli di seconda fase.

La dimensione delle maglie di tale reticolo primario dipende dalla precisione con la quale si intende stimare la superficie forestale totale e le sue ripartizioni tipologiche, tenuto conto dei costi richiesti per tale operazione. Nelle tabelle 5.2 e 5.3 sono riportate le previsioni di stima delle superfici forestali e dei relativi errori standard di stima a livello di regioni, di province autonome e dell'intera nazione, per due diverse densità di nodi dei reticolo primario (un punto ogni 100 ha o uno ogni 25 ha) e sotto l'ipotesi semplificativa di campionamento casuale semplice con ríposizione.

Le informazioni ottenute col reticolo primario vengono peraltro impiegate (come anticipato in precedenza) sia per una stima dell'estensione della superficie forestale totale che per la determinazione dei pesi (che esprimono la proporzione di superfici forestali nel seg-

mento di territorio di volta in volta considerato) da assegnare a tutte le unità dì campionamento (grappoli) di seconda fase teoricamente individuabili sul territorio nazionale. I segmenti areolari coinvolti definitivamente nella seconda fase saranno estratti secondo una procedura a probabilità variabile. Il peso di ogni grappolo sarà infatti stimato in base al rapporto tra il numero di punti bosco riscontrati sul grappolo con il reticolo di prima fase e il numero totale di punti bosco individuati dallo stesso reticolo sull'intero territorio nazionale.

Va chiarito che, in questo disegno, sui segmenti areolari selezionati si effettuano tre osservazioni: in prima fase mediante il reticolo sistematico sovrapposto alle ortofoto, in seconda fase attraverso un grappolo di fotopunti individuati secondo un reticolo a maglie più fitte dei primo, in terza fase con il campionamento al suolo di un sottoinsieme di tali punti (cfr. figura 5.4).

In sostanza, mediante il peso associato ad ogni porzione di territorio, con una procedura di selezione apposita (ad esempio con una procedura a lista) viene identificato un sottoinsieme di segmenti areolari che danno origine al contingente di seconda fase. Per ognuno di questi va realizzata una idonea copertura fotografica, che sarà impiegata per la classificazione delle unità di campionamento di seconda fase (identificate con fotopunti). La procedura qui descritta prevede la definizione di un numero limitato di categorie inventariali a cui assegnare facilmente e con ridotta possibilità di errore le unità campionarie (fotopunti) di seconda fase, operando quindi in una ipotesi di assenza di errore di classificazione.

La formazione dei campione di terza fase avviene infine per estrazione casuale e in blocco di un sottoinsieme delle unità campionarie (fotopunti) osservate nella fase precedente e con la loro localizzazione sul terreno. Queste unità sono a loro volta oggetto di classificazione in categorie che rappresentano delle suddivisioni di maggior dettaglio di quelle definite in seconda fase. L'osservazione al suolo esclude ovviamente la possibilità di compiere errori di classificazione,

Sulle unità campionarie individuate sul terreno sono anche rilevati gli attributi, sia quantitativi che qualitativi, che saranno poi adeguatamente associati alle determinazioni di superficie derivanti da tutte e tre le fasi inventariali.

Nell'ipotesi di adozione di tale disegno vengono di seguito riportate le relative formulazioni di stima campionaria delle grandezze di interesse inventariale. Ove possibile, è stata utilizzata, con limitati richiami, la simbologia descritta in precedenza; a questa sono aggiunti e definiti gli elementi strettamente necessari per l'illustrazione di uno schema più complesso. In particolare, si indica con:

n numero di punti nodali dei reticolo (primario) impiegato per stimare la superficie forestale totale e i pesi da assegnare ai grappoli di seconda fase;

n' numero di punti nodali dei reticolo (primario) classificati in prima fase come appartenenti alla superficie forestale.

Stime di prima fase

La superficie forestale totale viene stimata sulla base della proporzione tra le unità campionarie assegnate alle categorie boscate e quelle complessive; tale proporzione è pari a

$$\hat{p}_B = \frac{n'}{n} \qquad [5.55]$$

Una stima della varianza campionaria della [5.55] è ottenibile attraverso il procedimento di Matèrn, illustrato nel paragrafo 5.2.1.1, o per approssimazione mediante le formulazioni proposte per il campionamento casuale semplice con reimmissione. Data l'elevata densità dei reticolo impiegabile in questa prima fase, si ritiene che l'adozione dei procedimento di Matèrn sia altamente consigliabile poiché tiene adeguatamente conto delle modalità siste-

matiche di distribuzione delle unità campionarie e della forte autocorrelazione spaziale che presumibilmente si evidenzierà tra unità spazialmente adiacenti; in tal caso va impiegata la relazione [5.5].

Una stima della superficie forestale è allora data da

$$\hat{A}_B = A \cdot \hat{p}_B \qquad [5.56]$$

con varianza campionaria

$$\hat{V}(\hat{A}_B) = A^2 \hat{V}(\hat{p}_B) \qquad [5.57]$$

Stime di seconda fase

Definito

n'_k il numero di punti boscati osservati (sulle ortofoto) sul *k* -esimo grappolo appartenente all'insieme di grappoli G che costituisce l'intera popolazione,

si può associare ad ogni grappolo una probabilità di essere estratto durante il campionamento di seconda fase; questa probabilità è pari a

$$q_k = \frac{n'_k}{n'} \qquad [5.58]$$

con

$$\sum_{k=1}^{G} q_k = 1$$

Con un criterio di selezione che impieghi questi pesi per favorire i grappoli con maggiore presenza di bosco, viene estratto un campione di g grappoli. In ciascuno di essi le unità campionarie vengono assegnate mediante fotointerpretazione ad una delle m categorie in cui è suddivisa la superficie forestale. Come si è già accennato tali categorie sono poche e facilmente riconoscibili sul supporto fotografico, in modo tale da rendere trascurabile, se non nullo, il possibile errore di classificazione.

Siano:

n'_{2Bk} il numero di unità campionarie di seconda fase di interesse forestale nel *k* -esimo grappolo,

n''_{ik} il numero di unità campionarie di seconda fase dei grappolo *k* -esimo che vengono assegnate alla *i* -esima categoria d'interesse forestale, con *k* = 1, …, *g* e *i* = 1, …, *m*.

Una stima della proporzione (peso) da assegnare alla *i* -esima categoria è allora data dalla

$$\hat{p}_i = \frac{\sum_{k=1}^{g} n''_{ik}}{\sum_{k=1}^{g} n'_{2Bk}} \qquad [5.59]$$

la cui varianza campionaria

$$\hat{V}(\hat{p}_i) = \frac{G-g}{Gg(g-1)\bar{m}^2} \sum_{k=1}^{g} (n''_{ik} - \hat{p}_i n'_{2Bk}) \qquad [5.60]$$

dove

$$\bar{m} = \frac{1}{g} \sum_{k=1}^{g} n'_{2Bk}$$

è il numero medio per, grappolo di unità forestali stimato con il campione.

Ciò premesso, la stima dell'estensione dell'*i* -esima delle *m* categorie in cui viene suddivisa la superficie forestale con il campione di seconda fase è data da

$$\hat{A}_{Bi} = \hat{A}_B \cdot \hat{p}_i \qquad [5.61]$$

con varianza stimata

$$\hat{V}(\hat{A}_{Bi}) = \hat{V}(\hat{A}_B \cdot \hat{p}_i) = (\hat{A}_B)^2 \hat{V}(\hat{p}_i) + (\hat{p}_i)^2 \hat{V}(\hat{A}_B) - \hat{V}(\hat{p}_i)\hat{V}(\hat{A}_B) \qquad [5.62]$$

nell'ormai usuale forma approssimata per il non rispetto della condizione di indipendenza tra i campioni impiegati nella formulazione delle due stime (di superficie e di proporzione).

Stime di terza fase

Dall'insieme delle unità campionarie (fotopunti) riconosciute come appartenenti alle categorie inventariali

$$\sum_{k=1}^{g} n'_{2Bk}$$

viene estratto un campione casuale e in blocco. Tale sottocampione viene utilizzato sia per la stima delle proporzioni relative alle sottocategorie inventariali (classi di massimo dettaglio) che per il rilevamento dei dati relativi a tutti gli attributi previsti.

Definiti

ni' numero di osservazioni di terza fase appartenenti alla *i* -esima categoria inventariale e

njj' numero di osservazioni di terza fase appartenenti alla *j* -esima sottocategoria della *i* -esima categoria inventariale,

la stima della proporzione della sottocategoria *ij* -esima è data da

$$\hat{p}_{ij} = \frac{n'''_{ij}}{n'''_i} \qquad \text{con } i = 1, \ldots, m \text{ e } j = 1, \ldots, l_m \qquad [5.63]$$

la cui varianza stimata risulta

$$\hat{V}(\hat{p}_{ij}) = \frac{n''_i - n'''_i}{n''_i (n'''_i - 1)} \hat{p}_{ij}(1 - \hat{p}_{ij}) \qquad [5.64]$$

Con tali determinazioni, una stima dell'estensione della categoria di dettaglio *ij* -esima è data da

$$\hat{A}_{Bij} = \hat{A}_{Bi} \cdot \hat{p}_{ij} \qquad [5.65]$$

per la quale la varianza stimata (approssimata) è pari a

$$\hat{V}(\hat{A}_{Bij}) = \hat{V}(\hat{A}_{Bi} \cdot \hat{p}_{ij}) = (\hat{A}_{Bi})^2 \hat{V}(\hat{p}_{ij}) + (\hat{p}_{ij})^2 \hat{V}(\hat{A}_{Bi}) - \hat{V}(\hat{p}_{ij})\hat{V}(\hat{A}_{Bi}) \qquad [5.66]$$

Alle stime di superficie vanno associate le stime dei valori medi dei vari attributi, per una valutazione dei corrispondenti valori totali; come al solito, si avrà una stima dei valore medio di un qualsiasi attributo quantitativo *y*

$$\bar{y}_{ij} = \frac{1}{n'''_{ij}} \sum_{h=1}^{n'''_{ij}} y_{ijh} \qquad [5.67]$$

con varianza campionaria pari a

$$V(y) = \frac{1}{n'''_{ij}(n'''_{ij} - 1)} \sum_{h=1}^{n'''_{ij}} (y_{ijh} - \bar{y}_{ij})^2 \qquad [5.68]$$

Il valore totale stimato per l'attributo in esame nella sottocategoria ij -esima è dato da

$$\hat{Y}_{ij} = \hat{A}_{Bij} \cdot \bar{y}_{ij} \qquad [5.69]$$

con varianza campionaria (approssimata per la non indipendenza dei campioni)

$$\hat{V}(\hat{Y}_{ij}) = (\bar{y}_{ij})^2 \hat{V}(\hat{A}_{Bij}) - (\hat{A}_{Bij})^2 \hat{V}(\bar{y}_{ij}) - \hat{V}(\hat{A}_{Bij})\hat{V}(\bar{y}_{ij}) \qquad [5.70]$$

Nella scheda 5.3 sono sinteticamente esposte alcune previsioni sugli errori di stima dell'estensione della superficie forestale nazionale e di alcune sue ipotetiche suddivisioni.

5.2.3.2 Disegno trifasico con classificazioni tipologiche nelle sole prime due fasi

Lo schema campionario trifasico di seguito descritto è molto simile al precedente, dal quale differisce solamente per alcuni aspetti legati alla classificazione delle unità campionarie in seconda e terza fase. In particolare questo schema prevede che le unità di campionamento di seconda fase (fotopunti riuniti in grappoli) siano assegnate alle varie categorie e sottocategorie inventariali secondo tutta l'articolazione tipologica predisposta, al contrario di quanto previsto al paragrafo precedente, ove la classificazione avveniva in due momenti

successivi (in seconda fase con il riconoscimento di poche e sicure categorie, in terza fase al suolo con il riconoscimento delle sottocategorie di dettaglio). Le classificazioni delle unità di terza fase sono poi ancora articolate secondo la tipologia prevista, ma con il solo scopo di controllare quelle della fase precedente ed eventualmente di correggere adeguatamente le stime di seconda fase se affette da errori di classificazione.

In sostanza, nello schema precedente si intendeva operare con l'obiettivo di contenere, se non eliminare, i possibili errori di classificazione, mentre con lo schema trattato in questo paragrafo tali errori sono ammessi, in particolare nella seconda fase, e vanno quindi considerati e opportunamente trattati insieme agli errori di campionamento.

La formazione dei campioni e sottocampioni avviene esattamente come descritto nello schema precedente, per cui gli approfondimenti necessari riguardano l'impiego delle informazioni campionarie della terza fase che, come accennato in precedenza, differisce significativamente.

Stime di prima e di seconda fase

Valgono le indicazioni fornite nel paragrafo precedente e quindi rimangono pienamente valide le formulazioni da [5.55] a [5.62].

Stime di terza fase

Dall'insieme delle unità campionarie (fotopunti) riconosciute come appartenenti alle categorie inventariali forestali

$$\sum_{k=1}^{g} n'_{2Bk}$$

viene estratto un sottocampione casuale e in blocco, con il quale sono sottoposte a verifica le classificazioni operate già dettagliatamente nella seconda fase; con lo stesso sono anche acquisite le misurazioni relative agli attributi quantitativi e qualitativi che possono essere realizzate solamente ai suolo.

Definiti

n_i''' numero di osservazioni di terza fase, assegnate in seconda fase alla i -esima categoria inventariale, e

n_{ij}''' numero di osservazioni di terza fase, assegnate alia j -esima categoria nel corso della seconda fase (su foto aeree) e assegnate invece alla i -esima categoria inventariale in terza fase (al suolo),

le frazioni di conferma o di cambiamento di categoria, a seguito della classificazione più accurata effettuata ai suolo, sono determinate con la relazione

$$\tilde{p}_{ji} = \frac{n'''_{ji}}{n'''_{i}} \qquad [5.71]$$

Le stime di seconda fase, calcolate con la [5.59], possono ora essere corrette con le informazioni fornite dal campione di terza fase, per cui

$$\hat{p}_i = \sum \hat{p}_j \cdot \tilde{p}_{ij} \qquad [5.72]$$

che, per le *m* categorie inventariali tutte già riconoscibili in seconda fase, diventa

bili in seconda fase, diventa

$$\hat{p}_1 = \hat{p}_1 \cdot \tilde{p}_{11} + \hat{p}_2 \cdot \tilde{p}_{21} + \hat{p}_3 \cdot \tilde{p}_{31} + \quad + \hat{p}_m \cdot \tilde{p}_{m1}$$

$$\hat{p}_2 = \hat{p}_2 \cdot \tilde{p}_{12} + \hat{p}_2 \cdot \tilde{p}_{22} + \hat{p}_3 \cdot \tilde{p}_{32} + \quad + \hat{p}_m \cdot \tilde{p}_{m2}$$

.
.
.

$$\hat{p}_m = \hat{p}_1 \cdot \tilde{p}_{1m} + \hat{p}_2 \cdot \tilde{p}_{2m} + \hat{p}_3 \cdot \tilde{p}_{3m} + \quad + \hat{p}_m \cdot \tilde{p}_{mm}$$

In termini di superficie, le stime corrette diventano

$$\hat{A}_{Bi} = \hat{A}_B \cdot \hat{p}_1 \qquad [5.73]$$

La stima della varianza campionaria delle proporzioni corrette avviene mediante la relazione

$$\hat{V}(\hat{p}_1) \cong \sum_{j=1}^{m} \left[\frac{\hat{p}_j(n'''_j - 1)}{n'''_j} - \hat{V}(\hat{p}_j) \right] \hat{V}(\tilde{p}_{ji}) + \frac{1}{n'''_i} \left\{ \sum_{j=1}^{m} \hat{p}_j \tilde{p}_{ji}^2 - \left(\sum_{j=1}^{m} \hat{p}_j \tilde{p}_{ji} \right)^2 \right\} \qquad [5.74]$$

dove $\hat{p}_j$ e $\hat{V}(\hat{p}_j)$ sono le stime ottenute in seconda fase (relazioni [5.59] e [5.60]) mentre le stime delle varianze campionarie delle proporzioni di passaggio – osservate in terza fase – sono pari a

$$\hat{V}(\tilde{p}_{ji}) = \frac{\tilde{p}_{ji}(1 - \tilde{p}_{ji})}{n'''} \qquad [5.75]$$

Con tali relazioni è possibile allora ottenere le stime delle varianze relative alle determinazioni delle superfici corrette, indicate in [5.73], per cui

$$\hat{V}(\hat{A}_{Bi}) = (\hat{A}_B)^2 \hat{V}(\hat{p}_1) + (\hat{p}_1)^2 \hat{V}(\hat{A}_B) - \hat{V}(\hat{p}_1)\hat{V}(\hat{A}_B) \qquad [5.76]$$

Analogamente ai precedenti paragrafi, la procedura estimativa si conclude con le determinazioni relative agli attributi quantitativi associati alle categorie inventariali. Così la stima dei valore medio di un attributo y è pari a

$$\bar{y}_i = \frac{1}{n'''_i} \sum_{h=1}^{n'''_i} y_{ih} \qquad [5.77]$$

la cui varianza campionaria è data da

$$\hat{V}(\bar{y}_i) = \frac{1}{n'''_i(n'''_i - 1)} \sum_{h=1}^{n'''_i} (y_{ih} - \bar{y}_i)^2 \qquad [5.78]$$

Il valore totale stimato per tale attributo nella i -esima categoria è pari a

$$\hat{Y}_i = \hat{A}_{Bi} \cdot \bar{y}_i \qquad [5.79]$$

con varianza campionaria approssimata

$$\hat{V}\left(\hat{Y}_i\right) = (\bar{y}_i)^2 \hat{V}(\hat{A}_{Bi}) + (\hat{A}_{Bi})^2 \hat{V}(\bar{y}_i) - \hat{V}(\hat{A}_{Bi})\hat{V}(\bar{y}_i) \qquad [5.80]$$

5.3 Qualche considerazione conclusiva sulle caratteristiche e sulle prerogative dei disegni di campionamento ipotizzati

5.3.1 Il monofasico

Va innanzitutto sottolineato che una prima distinzione vede da un parte il disegno monofasico e dall'altra parte gli altri due proposti.

Il disegno monofasico, nella sua prima variante (par. 5.2.1.1), costituisce una sorta di "aggiornamento" di quello di IFN 85. Si ricorderà come in quel caso, definiti i nodi del reticolo trichilometrico di campionamento, veniva eseguita una selezione su base cartografica IGM che aveva lo scopo di individuare i nodi che già, in tale sede, potevano sicuramente essere ritenuti estranei alle aree di interesse inventariale. Si era prescritto inoltre che un ulteriore contingente di punti nodali potesse essere escluso tramite la consultazione di aerofotografie aggiornate o infine attraverso una ricognizione sommaria al suolo, nei casi in cui questa operazione consentisse di fornire un risultato certo pur in assenza di una individuazione rigorosa del punto. Da questa fase di screening "residuava" un contingente di punti boscati o di dubbia attribuibilità. In entrambi i casi si procedeva al suolo con l'individuazione rigorosa tramite l'effettuazione della poligonale.

La prima variante del disegno monofasico proposta in questo studio (par. 5.2.1 .1) attua tale screening con maggiore efficienza e razionalità impiegando la copertura ortofotografica nazionale AIMA. È bene chiarire che tale processo avviene utilizzando gli stessi punti nodali di IFN 85 e con il solo intento di chiarire la natura inventariale dei nodi rispetto alla loro appartenenza a superfici rientranti nel dominio IFN, senza ulteriori discriminazioni tipologiche. Tutti i nodi aventi tale caratteristica, unitamente a quelli di dubbia attribuibilità, verrebbero successivamente visitati al suolo per l'ulteriore discriminazione tipologica e per i rilievi descrittivi e dendrometrici. Se un limite può essere individuato in questa procedura esso risiede nell'aggiornamento delle riprese in base alle quali è stata realizzata l'ortofotocarta AIMA e nella effettiva disponibilità di tale supporto ai fini IFN.

La seconda variante del disegno monofasico (par. 5.2.1.2) tiene conto della possibilità di un impiego proficuo di immagini da satellite. Nonostante le perplessità (evidenziate nel capitolo 4) circa le possibilità di utilizzo di tale supporto informativo, nella seconda ipotesi metodologica del disegno monofasico si configura un approccio procedurale che, senza ignorare le imprecisioni implicite cui può portare il telerilevamento da piattaforma spaziale, ne utilizzi comunque alcune potenzialità.

In sostanza l'intento è quello di desumere dalle immagini satellitari informazioni "di massima" sulla ripartizione dei territorio nazionale nelle categorie *Vegetato boscato* (VB), *Vegetato non boscato* (VNB) e *Non vegetato* (NV) e cioè in pratica su tre "modalità" territoriali nelle quali la probabilità di riscontrare superfici di interesse inventariale si riduce progressivamente. È forse il caso di ricordare che per VB si intendono le superfici forestali, per VNIB quelle ascrivibili all'utilizzo agricolo (comprese tutte le coltivazioni arboree agrarie) e le altre aree verdi non forestali e per NV tutte le altre superfici e le acque interne. Si tratta peraltro di un utilizzo speditivo (classificazioni automatiche o semiautomatiche delle firme spettrali) e prudente delle informazioni satellitari, ove si tengono in considerazione molte fonti di imprecisione connesse:

– alla impossibilità di recepire in un sistema di classificazione di immagini su base spettrale la notevole articolazione della definizione di superficie forestale prevista da FRA 2000 (di cui al capitolo 3), tenendo conto anche dei problemi connessi alla risoluzione geometrica dei sensore;
– alla necessità di impiegare nella procedura di classificazione un complesso, anche se minimo, di dati provenienti da altra fonte (es. modello digitale del terreno);
– alla sensibilità della procedura al momento temporale di riferimento delle riprese;
– alla difficoltà di discriminare sulle immagini situazioni presumibilmente apportatrici di errori di attribuzione quali quelle di certe coltivazioni arboree agrarie particolari (olivicoltura).

Ciò nonostante la procedura presenta il suo maggiore interesse laddove consente di razionalizzare la disposizione dei punti di sondaggio al suolo la cui densità risulterà, come già ricordato, proporzionale alla probabilità di riscontrare superfici di interesse inventariale nelle tre suddivisioni citate del territorio (VB, VNB, NV).

Si deve infatti pensare al risultato primario di tale procedura come alla produzione di una mascheratura" del territorio in tre demani attraverso la quale viene "osservato" il reticolo trichilometrico IFN 85. La selezione dei punti nodali da visitare al suolo viene effettuata includendo tutti i punti nodali collocati in aree classificate VIB, un punto nodale ogni 9 (maglia di 9 x 9 km) di quelli collocati nelle aree VNB ed infine un punto ogni 4 (maglia di 6 x 6 km) per quelli appartenenti allo strato NV. L'intero insieme di nodi così selezionato costituisce il contingente di punti da materializzare al suolo. In tale fase verrà chiarita la vera destinazione inventariale dei punti (correzione delle attribuzioni errate) e verranno eseguiti i relativi rilievi.

Come si può intuire si tratta di una procedura che, al pari di quella prevista nel disegno monofasico con l'impiego di ortofoto, mira a ridurre consistentemente il numero di punti da individuare al suolo e i relativi costi.

Una notazione merita l'apparente incongruenza che risiede nella scelta di una intensità di sondaggio minore nelle aree VNIB rispetto a quella prevista per le superfici NV, dal momento che la probabilità di riscontrare aree di interesse inventariale è presumibilmente superiore nelle prime rispetto alle seconde; ciò sembrerebbe infatti in contraddizione con il principio ispiratore della procedura che è quello di campionare con intensità decrescente le aree ove la probabilità di riscontrare superfici di interesse forestale risuita progressivamente minore. Occorre peraltro sottolineare che l'estensione globale attesa dello strato VNB sarà sensibilmente superiore a quella dello strato W e quindi che il contingente di punti selezionati per il riscontro al suolo in VNB sarà comunque molto più elevato. Anche questa scelta va quindi nella direzione di una razionalizzazione e di un contenimento dei costi della fase di rilievo al suolo.

Il disegno monofasico si connota per la sua relativa semplicità anche se, particolarmente in riferimento alla seconda opzione, gli aggiornamenti introdotti nello *screening* preliminare determinano un certo aumento della complessità della trattazione statistica dei dati. Ad una analisi sommaria sembrerebbe inoltre garantire una sostanziale continuità metodologica con le procedure di IFN 85, tanto da far supporre la possibilità concreta di un pun-

tuale confronto con gli esiti del precedente inventario. A questo proposito, riprendendo quanto già evidenziato al capitolo 3, occorre ridimensionare eventuali aspettative in tal senso, per una pluralità di considerazioni.

Prima fra tutte è certamente quella dei cambiamento della definizione di bosco e dei criteri di ripartizione tipologica delle superfici forestaii intervenuta dopo la realizzazione dei precedente inventario, cui è impensabile sottrarsi se si desidera corrispondere alle richieste di adeguamento che pervengono dall'Unione Europea. D'altra parte tale problematica non investe soltanto il nostro Paese considerata la grande variabilità degli standard adottati dai vari stati membri della Comunità (tabella 3.1).

Un altro inconveniente a tale riguardo è costituito dalla difficoltà di individuare sul terreno i punti IFN 85 nelle identiche collocazioni di allora. Infatti, benché il disegno monofasico adotti lo stesso reticolo, per quanto attiene ai punti riscontrati come non forestali nella campagna IFN 85 non era prevista alcuna procedura di materializzazione, ne poteva essere altrimenti per ovvi motivi di costo. Una considerazione particolare riguarda d'altra parte anche i punti bosco, per i quali tale materializzazione era invece prevista. Le prescrizioni chiarivano che l'operazione doveva essere eseguita secondo procedure taii da non rendere percepibile visivamente sui terreno la presenza dei punto inventariaie, allo scopo evidente di non determinare condizionamenti nella normale conduzione delle pratiche colturali e di conseguenza distorsioni più o meno sistematiche nella capacità dei punti nodali IFN di interpretare statisticamente in modo rappresentativo l'evoluzione dei patrimonio forestale. A quanto è dato sapere tale prescrizione è stata largamente se non sistematicamente disattesa, anche a seguito dell'impiego di una rilevante frazione di punti nodali per l'indagine INDEFO sul deperimento forestale. Ciò ha comportato una drammatica perdita di significatività dei confronti individuali sugli stessi nodi tra precedente e futura sessione di rilievo inventariale, probabilmente foriera di distorsioni sistematiche inaccettabili nella produzione delle stime sui cambiamenti intervenuti. Non va trascurato infine il fatto che, dato il carattere speditivo della procedura topografica di localizzazione adottata nell'85, la collocazione dei punti sul terreno poteva divergere in modo anche significativo da quella teorica, aspetto che non creava particolari inconvenienti nella produzione delle stime di allora, ma che determinerebbe una diiatazione dei tempi (e quindi dei costi) di individuazione dei nodi in questa tornata inventariale qualora si prescrivesse il reperimento assolutamente preciso dei vecchi punti.

Occorre peraltro dire che inconvenienti di questo tipo non dovrebbero più porsi in una eventuale terza tornata inventariale che adotti un disegno di questo tipo, dal momento che la recente introduzione delle tecnologie di radioposizionamento dei punti (sistema GPS) consente oggi di raggiungere precisioni anche inferiori al metro, superando implicitamente la necessità di contraddistinguere sul terreno la collocazione dei punto e quindi anche gli inconvenienti conseguenti evidenziati in precedenza.

In ogni caso, allo stato attuale si ritiene problematico il confronto singolare diretto (a coppie) tra situazione pregressa e attuale dei punti nodali, pur nell'adozione di un identico reticolo inventariale. Quindi, sotto il profilo del confronto, il disegno monofasico non va giudicato come apportatore di vantaggi particolari, dal momento che la stima dei cambiamenti intervenuti potrà essere fatta, in modo meno preciso, soltanto a livello di differenze tra stime generali di estensione delle varie ripartizioni tipologiche, con ulteriori approssimazioni connesse al citato cambiamento della definizione di bosco. Naturalmente analoga, se non ulteriormente amplificata, tale problematica si pone a carico degli altri disegni proposti.

Sempre in relazione al tema del confronto vecchio-nuovo inventario sugli stessi punti nodali boscati, che l'adozione del disegno monofasico potrebbe almeno parzialmente garantire (peraltro con le perplessità evidenziate in precedenza), occorre sottolineare che il confronto dei dati di "contenuto" dendrometrico appare altrettanto problematico per la quasi certa impossibilità di riindividuare esattamente i soggetti arborei che furono allora considerati appartenere all'area di saggio. Infatti l'area di saggio era individuata misurando la pendenza del terreno e individuando in apposite tabelle il raggio da adottare affinché la

proiezione elissoidica orizzontale dell'area stessa avesse le dimensioni previste (600, 400 o 200 m^2) . È evidente che il semplice scarto di 1 o 2 gradi nella valutazione della pendenza porterebbe all'individuazione di un raggio diverso con ovvie discrepanze nei soggetti inclusi nelle due occasioni e altrettanto ovvie ripercussioni sulla misura degli attributi dendrometrici complessivi delle aree.

Le prerogative positive di questo schema metodologico risiedono invece innanzitutto nella "familiarità" e popolarità di cui gode presso gli operatori ed in generale nel settore forestale un po' a tutti i livelli, aspetto meno marginale di quanto si possa ritenere.

Ma il vantaggio forse più rilevante del disegno monofasico consiste nella regolarità della distribuzione dei punti selezionati che garantisce una rappresentazione uniforme e proporzionale alle estensioni del territori afferenti alle varie suddivisioni amministrative regionali, con il conseguente miglioramento delle stime a livello regionale.

Mentre si rinvia al capitolo 6 per una completa analisi dei costi realizzativi di questo tipo di disegno inventariale occorre commentare la tabella 5.1 e la scheda 5.1 relative alle performance ottenibili in termini di precisione delle stime con il disegno monofasico. Si nota come l'errore standard di stima a livello dell'intera superficie forestale nazionale sia molto contenuto (circa l'1%) e come esso cominci a superare il 2% in riferimento a ripartizioni tipologiche della superficie forestale meno estese di 2,0-1,8 milioni di ettari. Si tratta di valori piuttosto buoni e, come si vedrà, non molto più elevati di quelli raggiungibili con il disegno trifasico. La precisioni di stima a livello di ripartizioni regionali della superficie forestale vanno dal 3 al 10%, attestandosi in media sul 5,3%, in ciò confermando la ineluttabile difficoltà, peraltro propria di qualunque disegno inventariale dimensionato su scala nazionale, nel fornire stime di elevata precisione anche a livello di ripartizioni regionali del territorio.

5.3.2 Il bifasico

Occorre subito chiarire che tale schema di campionamento rappresenta per certi aspetti una "rivisitazione" dei disegni inventariali per *tract* propri della tradizione scandinava e tedesca, ma trae anche spunto dalle metodologie campionarie per *segmenti areolari* impiegate negli inventari sopranazionali (UE) finalizzati alle stime delle produzioni agricole. Si tratta peraltro di un disegno con forte contenuto innovativo nel panorama internazionale dell'inventariazione forestale che, nella versione qui proposta, non trova altri esempi di attuazione.

Mantenendo "l'ideologia" del sondaggio sistematico del territorio a densità costante, il disegno a due fasi adotta un raggruppamento in grappoli (unità primarie) delle unità campionarie elementari, le quali vengono disposte a loro volta sistematicamente nell'ambito di ciascun grappolo.

L'intento del disegno è quello di "osservare" il territorio per "finestre" (segmenti areolari) distribuite uniformemente e aventi dimensioni ancora da stabilire ma che si aggireranno presumibilmente intorno ai 400/600 ha. Tali finestre assumono la natura di grappoli (*cluster*) di unità campionarie elementari nel momento in cui ciascun grappolo viene suddiviso in sub-unità quadrate di un ettaro di superficie al centro di ciascuna delle quali è collocato il punto di osservazione (foto punto) dell'unità stessa.

In una prima fase tutti i foto punti di tutti i grappoli vengono classificati su fotogrammi aerei per la loro appartenenza ai raggruppamenti inventariali individuati nella tipologia di cui ai paragrafi 3.4.3.2 e 3.4.3.3. Nelle due varianti dei disegno (par. 5.2.2.1 e 5.2.2.2), le classificazioni sono rispettivamente limitate ai primi due livelli tipologici ed in tal caso assunte prive di errore, oppure estese a tutti e tre i livelli tipologici, prevedendo quindi nella seconda fase una procedura di correzione delle classificazioni errate. Effettuata su tale base la stima di estensione degli usi del suolo, della superficie forestale e delle sue ripartizioni tipologiche (prima fase), si procede alla selezione casuale di un sotto-insieme delle unità elementari (seconda fase) proporzionale ai contingenti di unità elementari che sono risuitate

appartenere alle seguenti classi tipologiche di secondo livello (e, nella seconda variante, anche di terzo): 10 (aree temporaneamente prive di soprassuolo), 11 (boschi), 12 (altre terre boscate) e 34 (arboricoltura da legno). Tutte le unità appartenenti a tale sotto-insieme vengono materializzate ai suolo e sottoposte ai rilievi descrittivi e dendrometrici, comprese (nella prima variante) le classificazioni tipologiche di terzo livello.

Il disegno bifasico, concentrando l'analisi in tratti limitati ma uniformemente distribuiti sul territorio, rendo economicamente proponibile un'acquisizione "dedicata" di immagini da piattaforma aerea con caratteristiche fortemente indirizzate alla fotointerpretazione con finalità di classificazione forestale (grande scala – 10/15.000, impiego di emulsioni molto adatte come l'infrarosso a colori falsati) certamente in grado di risolvere i problemi di classificazione di primo e secondo livello e, probabilmente, con concrete potenzialità anche per una buona classificazione di terzo livello. È evidente che, per ovvi motivi di costo, una simile realizzazione non sarebbe ipotizzabile qualora si volesse eseguire un volo dedicato a copertura generalizzata del territorio. Inoltre, il concentramento dell'analisi in segmenti areolari favorisce consistentemente il lavoro del fotointerprete e in definitiva la sua accuratezza, se si considera che eventuali controlli al suolo, preliminari o in corso d'opera, riguarderebbero scenari molto limitati di territorio, presumibilmente piuttosto omogenei e percorribili in tempi contenuti. Dovrebbe anche essere più agevole operare con tecnici dotati di conoscenze pregresse legate a particolari collocazioni dei segmenti ed anche tutte le operazioni da condurre al suolo nella seconda fase e la relativa logistica organizzativa potrà sfruttare la contiguità dei punti da visitare (la selezione delle unità elementari di seconda fase vedrà spesso ricorrere nel campione più unità appartenenti allo stesso grappolo e quindi moderatamente distanziate).

Inoltre, il disegno bifasico, prevedendo una realizzazione di riprese dedicata, non presenta inconvenienti di riferimento temporale dei dati e gode di totale indipendenza rispetto ad eventuali problemi di disponibilità della copertura ortofotografica AIMA. Nella prospettiva poi di una nuova rilevazione inventariale, questo tipo di disegno dovrebbe agevolare un monitoraggio molto preciso della dinamica dei tipi di superficie che si avvarrebbe di una "inoppugnabile" documentazione fotografica degli stati pregressi.

Ulteriormente, se obiettivo sotteso e innovativo del nuovo inventario è quello di rivolgere una maggiore attenzione alla messa a punto di indicatori in grado di descrivere le relazioni ecologico-paesaggistiche tra il bosco e gli altri tipi di uso del suolo, occorre sottolineare che la strutturazione dei disegno è probabilmente più adeguata nel cogliere tali aspetti rispetto al disegno monofasico che si basa su unità singolari collocate a notevole distanza l'una dall'altra e forse non in grado di cogliere, per così dire, le "lunghezze d'onda" dei fenomeni di variabilità ecologico-paesaggistica.

Infine tale metodo inventariale, prevedendo una distribuzione regolare sul territorio dei segmenti areolari, non privilegia un'intensificazione di analisi nelle superfici forestali, aspetto che se da una parte costituisce un difetto per la bontà statistica delle stime relative alle categorie forestali e un aggravio dei costi, dall'altra, soprattutto in riferimento alla rilevazione dei "fuori foresta" (classe 33 par .3.4.3.2) e dei pascoli e praterie, garantisce una oggettiva rappresentazione campionaria di tali tipologie.

Venendo ad una disamina degli inconvenienti del disegno bifasico occorre sottolineare che la citata mancanza di una procedura di intensificazione della disposizione dei segmenti areolari nelle aree a maggiore densità di superfici forestali determina una dilatazione del loro numero complessivo e un relativo e consistente aumento dei costi delle riprese aerofotografiche. Ne consegue anche la perdita della possibilità di studiare con maggior accuratezza (stime più precise) le tipologie di più elevato interesse in un inventario forestale.

Ma gli inconvenienti maggiori, sempre sul piano statistico, risiedono nell'assenza di quella "fase" preliminare prevista dal disegno trifasico che, utilizzando la copertura ortofotografica AIMA, consente di pervenire preliminarmente ad ogni altra operazione ad una stima della superficie forestale di grande precisione (tabelle 5.2, 5.3, scheda 5.3) dalla

quale discende poi un forte contenimento dei costi delle altre due fasi. Il disegno bifasico infatti basa le stime di superficie unicamente sull'effettivo globale di unità elementari. Essendo tali unità raggruppate in grappoli, gli algoritmi di dimensionamento dell'errore di stima delle superfici devono tener conto dei riflessi di tale circostanza sul piano statistico e cioè del fenomeno di autocorrelazione spaziale che si amplifica tra unità facenti parte dello stesso grappolo. In buona sostanza, un'area elementare facente parte di un grappolo non fornisce la stessa qualità di informazione nella stima per punti delle superfici come se fosse isolata ed equidistanziata da tutte le altre. Di questo aspetto devono tener conto gli algoritmi statistici di dimensionamento d'errore che, infatti, per questo disegno inventariale, prevedono errori decisamente più elevati (scheda 5.2), a parità di ampiezza delle superfici stimate, sia rispetto al disegno monofasico che a quello trifasico. Va da sé che il problema si amplifica ulteriormente a livello di stime per le suddivisioni regionali del territorio.

A proposito delle schede 5.2 e 5.3 occorre peraltro osservare che i valori riportati sono frutto di simulazioni probabilmente piuttosto prudenziali e conservative. Il risultato avrebbe potuto essere più certo se una ricerca pilota ISAFA, attivata con tempestività contestualmente a questo studio di fattibilità e finalizzata a chiarire tale aspetto, (realizzata su fotogrammi individuati secondo un preciso schema campionario in tutte le zone d'Italia), non fosse purtroppo ancora da completare a causa di sconcertanti difficoltà burocratiche emerse in sede di richiesta delle autorizzazione di consultazione di fotogrammi AIMA. La circostanza appare allarmante anche in vista delle procedure e delle disponibilità di tali coperture fotografiche previste dal primo e dal terzo disegno inventariale.

5.3.3 Il trifasico

Questo disegno campionario, come evidenziato in precedenza, assume la denominazione citata impropriamente in quanto la "prima fase" che esso prevede può essere ritenuta tale in senso operativo ma non sotto il profilo del significato strettamente statistico.

Al di là di questa notazione formale, essa costituisce peraltro una rilevante implementazione del disegno bifasico che dà luogo a importanti conseguenze sul piano dell'efficienza complessiva del disegno e su quello dei suoi costi di realizzazione.

Con tale procedura iniziale si perviene infatti ad stima molto precisa delle superfici di interesse inventariale che influenza poi positivamente le due fasi successive. Tale procedura sfrutta la copertura ortofotografica AIMA sovrapponendovi uniformemente un reticolo a maglie molto strette (probabilmente lo stesso reticolo chilometrico IGM) classificando poi per foto interpretazione ogni nodo semplicemente in due categorie: aree di interesse inventariale e altre aree. Si ritiene che la qualità delle ortofoto AIMA sia più che adeguata rispetto a finalità così elementari. Teoricamente, la precisione di stima potrebbe essere aumentata a piacere intensificando la densità di punti nodali. È noto peraltro come al di là di certi limiti i vantaggi in termini di contrazione dell'errore divengano via via sempre meno consistenti.

Effettuata questa prima "fase", le procedure e le loro possibili varianti non divergono significativamente da quelle già viste nel disegno precedente, eccetto che per un aspetto altrettanto importante e centrale ai fini di aumentare l'efficienza statistica complessiva del disegno trifasico. Infatti, utilizzando le indicazioni del reticolo di prima fase, si procede alla connotazione di tutti i segmenti areolari teoricamente individuabili sull'intero territorio nazionale sotto il profilo della ricorrenza più o meno elevata di superfici di interesse inventariale all'interno di ciascuno di essi. A ciascun segmento viene in sostanza assegnato un "peso" in termini di "dotazione forestale". La selezione campionaria dei segmenti che vanno a costituire il contingente di seconda fase (corrispondente alla prima nel disegno bifasico) non avviene in modo sistematico uniforme ma proporzionalmente al peso che li caratterizza. A seguito di tale procedura di selezione si determina una intensificazione del campionamento proprio nelle zone ove più rilevante è la presenza di bosco. Tale circostanza porta ad un aumento consistente della precisione delle stime o, ciò che è lo stesso, ad una diminuzione dei segmenti areolari da selezionare a parità di errore conseguibile. Tale diminu-

zione si traduce in un significativo risparmio di risorse rispetto al disegno bifasico, sia in termini di costi della copertura aerofotografica che di unità elementari da materializzare al suolo. Inoltre, concentrandosi la selezione di unità elementari di terza fase su un numero più ridotto di grappoli sarà più rilevante l'aliquota di queste che risulteranno appartenere agli stessi grappoli, con un ulteriore risparmio nelle procedure di materializzazione al suolo.

Se un inconveniente può essere intravisto nel disegno trifasico, esso risiede nella sua minore efficienza rispetto alla capacità di monitorare i cambiamenti, in una ipotetica terza tornata inventariale, rispetto agli altri due schemi di campionamento ed in particolare rispetto al disegno bifasico. Infatti, l'intensificazione di analisi nei territori più "forestati" diminuisce le potenzialità di cogliere eventuali dilatazioni future della superficie forestale che si verificassero proprio a carico dei territori che allo stato attuale sono forestalmente più poveri (imboschimenti, sviluppo degli impianti da arboricoltura da legno).

Naturalmente, come nel caso di una delle varianti del disegno monofasico, questo schema di campionamento è condizionato dalla disponibilità della copertura ortofotogrammetrica AMA e dal suo aggiornamento. A tale proposito occorre anche precisare che la copertura del volo AIMA non riguarda le aree al di sopra dei 2000 m di quota. Ciò comporta sicuramente inconvenienti anche a livello dei disegno monofasico, ma per quanto attiene al trifasico la circostanza è decisamente più cruciaie. È difficile, in questa fase, valutare la reale portata di questo problema nel contesto di una eventuale realizzazione dei disegno trifasico per il quale occorrerebbe trovare una soluzione che potrebbe rilevarsi anche piuttosto onerosa.

Dalla scheda 5.3 si può desumere come l'errore di stima della superficie forestale nazionale sia molto contenuto (0,3%), mentre per suddivisioni di estensione inferiore gli errori si attestino sui valori più bassi di tutti i disegni ipotizzati. Anche con una densità di reticolo primario limitata ad un nodo per chilometro quadrato (tab. 5.2) si può notare ulteriormente come le stime di superficie forestale a livello di suddivisioni regionali rimangano su valori non paragonabili a quelli del disegno monofasico e tantomeno a quelli, molto elevati, del disegno bifasico. In media infatti la precisione delle stime a livello di suddivisioni regionali si attesta sull'1,8% con un minimo dell'1 % ed un massimo dei 3,4%.

A conclusione di questa rassegna sulle caratteristiche e sull'efficienza dei disegni campionari ipotizzati in questo capitolo non si può non convenire sulle interessanti caratteristiche del disegno trifasico.

Ulteriori elementi di valutazione per la scelta metodologica si potranno desumere al successivo capitolo ove verranno affrontati i temi relativi alla stima dei costi di realizzazione.

Figura 5.1 – Disegno di campionamento in unica fase, con distribuzione uniforme delle unità campionarie

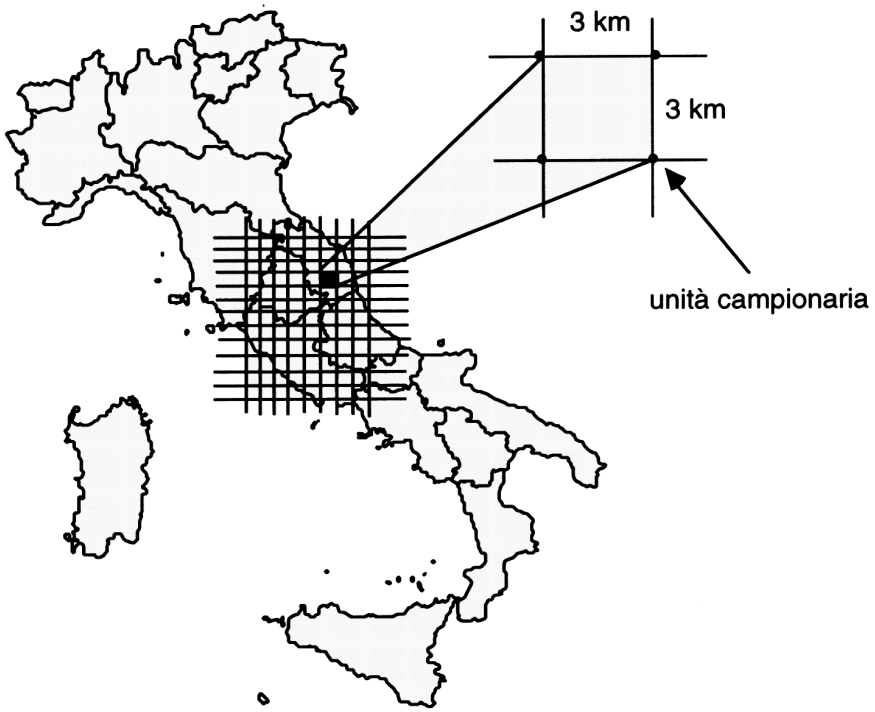


Figura 5.2 – Scheda si campionamento sistematico a due dimensioni per la stima dell'estensione degli strati inventariali e delle incertezze campionarie associate.

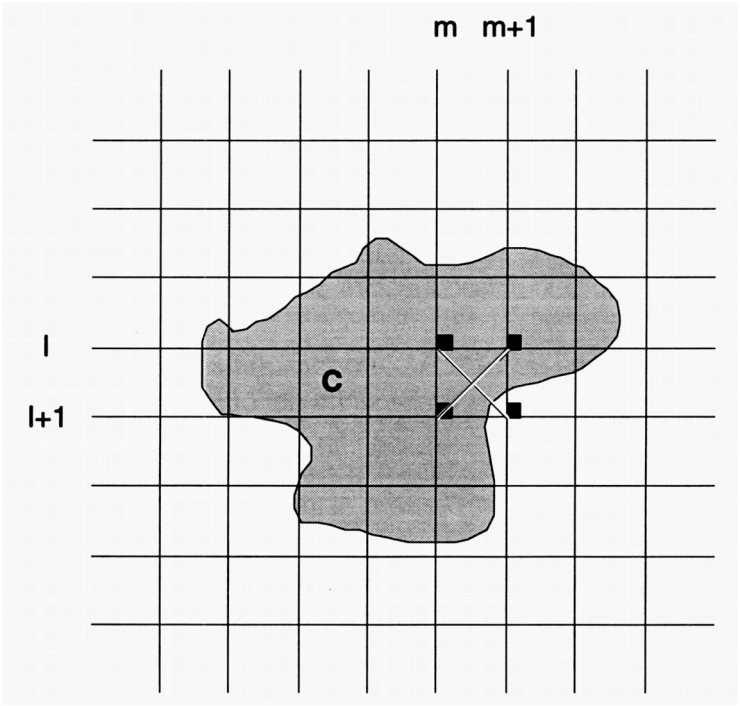


Figura 5.3 – Disegno di campionamento in due fasi. Nella prima fase viene individuato il campione di fotopunti da classificare sulle immagini telerilevate; nella seconda viene individuato il sottcampione di punti da visitare sul terreno.

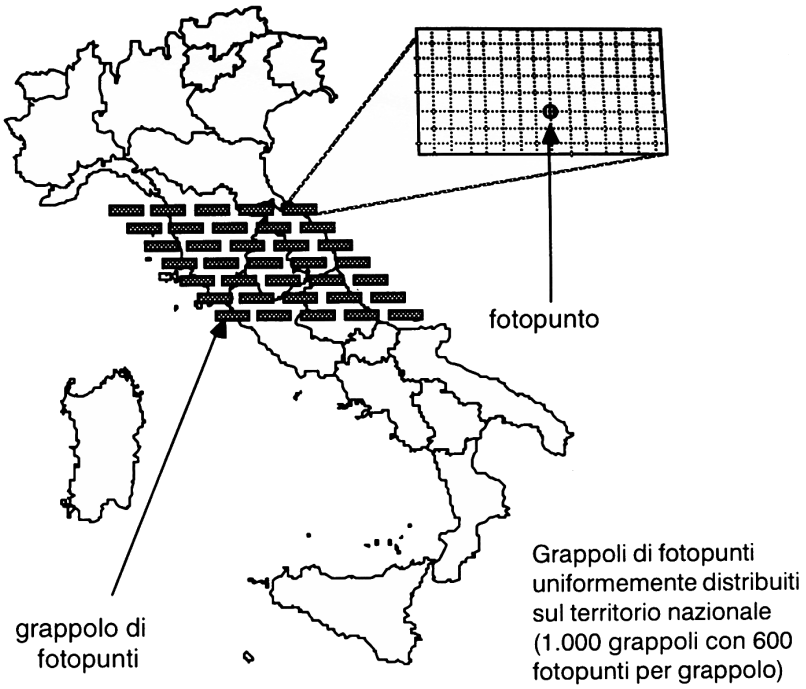


Figura 5.4 – Disegno di campionamento in tre fasi. Nella prima, con i punti del reticolo a maglia stretta e su ortofoto digitali, viene stimata l'estensione della superficie forestale (senza alcuna ulteriore suddivisione tipologica) e viene associato ad ogni grappolo un peso paria ll'aliquota di superficie boscata in esso presente. Nella seconda fase viene individuato un campione di fotopunti (selezionando i grappoli campione a probabilità variabile). Nella terza infine viene individuato n sottocampione di punti da visitare al suolo

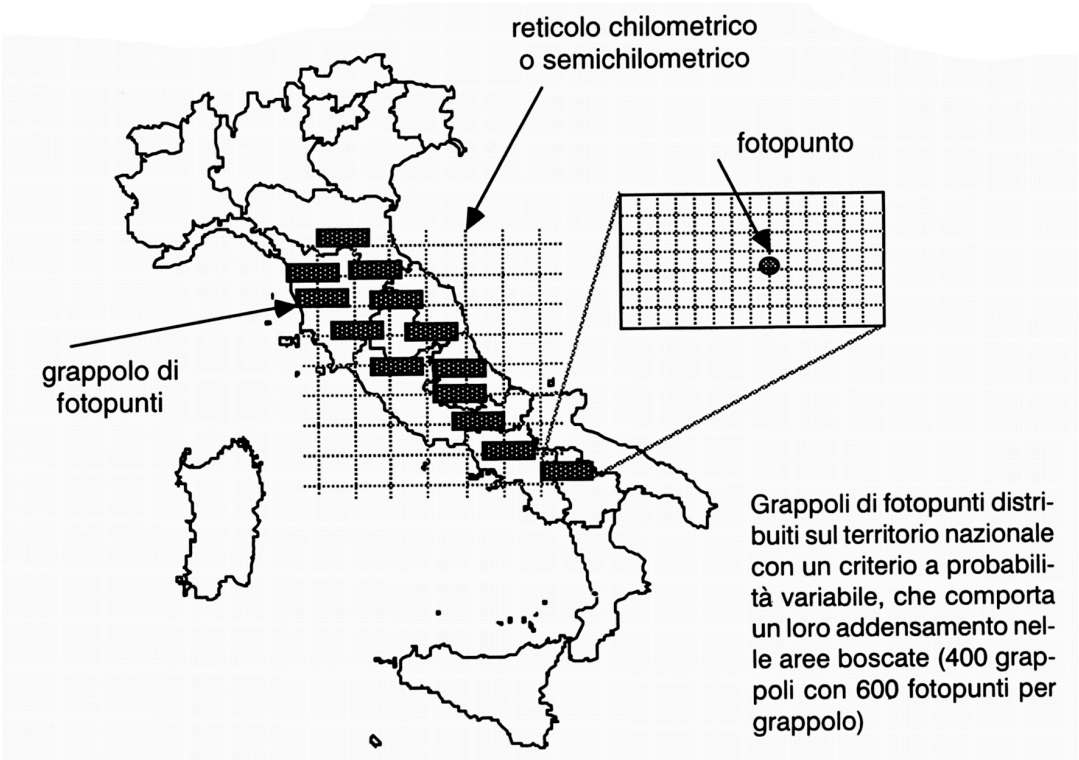


Tabella 5.1 – Stime preliminari delle incertezze che accompagnano le determinazioni della superficie forestale a livello di regioni, di province autonome e di intera nazione, nell'ipotesi di campionamento casuale semplice con riposizione e con 33.444 unità campionarie (una ogni 900 ha).

Unità amministrativa	n_i'	Ai (ettari)	ES(Aj) (ettari)	ES(Aj) (%)
Piemonte	826	743.400	25.545,2	3,4
Valle d'Aosta	94	84.600	8.713,7	10,3
Lombardia	665	598.500	22.977,3	3,8
Prov. Bolzano	350	315.000	16.749,4	5,3
Prov. Trento	400	360.000	17.892,3	5,0
Veneto	390	351.000	17.669,9	5,0
Friuli V. G.	322	289.800	16.072,2	5,5
Liguria	416	374.400	18.242,2	4,9
Emilia Romagna	505	454.500	20.072,0	4,4
Toscana	1.092	982.800	29.251,8	3,0
Umbria	374	336.600	17.307,8	5,1
Marche	249	224.100	14.149,0	6,3
Lazio	518	466.200	20.324,7	4,4
Abruzzo	358	322.200	16.937,7	5,3
Molise	144	129.600	10.776,9	8,3
Campania	421	378.900	18.350,1	4,8
Puglia	166	149.400	11.567,0	7,7
Basilicata	327	294.300	16.195,3	5,5
Calabria	641	576.900	22.567,1	3,9
Sicilia	296	266.400	15.415,7	5,8
Sardegna	1.085	976.500	29.161,0	3,0
Italia	9.639	8.675.100	74.548,7	0,9

Tabella 5.2 -Stime preliminari delle incertezze che accompagnano le determinazioni della superficie forestale a livello di regioni, di province autonome e di intera nazione, nell'ipotesi di campionamento casuale semplice con riposizione e con 300.996 unità campionarie (una ogni 100 ha).

Unità amministrativa	n_i'	Ai (ettari)	ES(Aj) (ettari)	ES(Aj) (%)
Piemonte	7.434	743.400	8.514,9	1,1
Valle d'Aosta	846	84.600	2.904,5	3,4
Lombardia	5.985	598.500	7.659,0	1,3
Prov. Bolzano	3.150	315.000	5.583,1	1,8
Prov. Trento	3.600	360.000	5.964,0	1,7
Veneto	3.510	351.000	5.889,9	1,7
Friuli V. G.	2.898	289.800	5.357,3	1,8
Liguria	3.744	374.400	6.080,7	1,6
Emilia Romagna	4.545	454.500	6.690,6	1,5
Toscana	9.828	982.800	9.750,5	1,0
Umbria	3.366	336.600	5.769,2	1,7
Marche	2.241	224.100	4.716,3	2,1
Lazio	4.662	466.200	6.774,8	1,5
Abruzzo	3.222	322.200	5.645,8	1,8
Molise	1.296	129.600	3.592,3	2,8
Campania	3.789	378.900	6.116,6	1,6
Puglia	1.494	149.400	3.855,6	2,6
Basilicata	2.943	294.300	5.398,4	1,8
Calabria	5.769	576.900	7.522,3	1,3
Sicilia	2.664	266.400	5.138,5	1,9
Sardegna	9.765	976.500	9.720,2	1,0
Italia	86.751	8.675.100	24.849,3	0,3

Tabella 5.3 – Stime preliminari delle incertezze che accompagnano le determinazioni della superficie forestale a livello di regioni, di province autonome e di intera nazione, nell'ipotesi di campionamento casuale semplice con riposizione, e con 1.203.984 unità campionarie (una ogni 25 ha).

Unità amministrativa	n_i'	Ai (ettari)	ES(Aj) (ettari)	ES(Aj) (%)
Piemonte	29.736	743.400	4.257,5	0,6
Valle d'Aosta	3.384	84.600	1.452,3	1,7
Lombardia	23.940	598.500	3.829,5	0,6
Prov. Bolzano	12.600	315.000	2.791,5	0,9
Prov. Trento	14.400	360.000	2.982,0	0,8
Veneto	14.040	351.000	2.944,9	0,8
Friuli V. G.	11.592	289.800	2.678,7	0,9
Liguria	14.976	374.400	3.040,3	0,8
Emilia Romagna	18.180	454.500	3.345,3	0,7
Toscana	39.312	982.800	4.875,2	0,5
Umbria	13.464	336.600	2.884,6	0,9
Marche	8.964	224.100	2.358,1	1,1
Lazio	18.648	466.200	3.387,4	0,7
Abruzzo	12.888	322.200	2.822,9	0,9
Molise	5.184	129.600	1.796,1	1,4
Campania	15.156	378.900	3.058,3	0,8
Puglia	5.976	149.400	1.927,8	1,3
Basilicata	11.772	294.300	2.699,2	0,9
Calabria	23.076	576.900		3.761,1
Sicilia	10.656	266.400	2.569,3	1,0
Sardegna	39.060	976.500	4.860,1	0,5
Italia	347.004	8.675.100	12.424,6	0,1

Scheda 5.1 – Previsioni di massima sulle stime dell'estensione della superficie forestale e di alcune sue ipotetiche ripartizioni, con indicazione dei relativi errori campionari, nel caso di campionamento in unica fase.

CAMPIONAMENTO MONOFASICO CON SELEZIONE DELLE UNITA CAMPIONARIE MEDIANTE RETICOLO TRICHILOMETRICO

Adottando alcune informazioni fornite dal IFN '85, ci si può attendere che:

– n = 33.444 unità di campionamento, di cui n' = 9.639 risultano appartenenti alla superficie boscata;

– estensione della superficie boscata ÂBosco = 9.639 x 900 = 8.675.100 ettari;

– assumendo in prima approssimazione le formulazioni relative al campionamento casuale semplice (con o senza reimmissione), l'errore campionario della stima dell'estensione della superficie boscata è pari a $ES(\hat{A}_{Bosco}) = 74.550$ ettari che, in termini percentuali, diventa $ES(\hat{A}_{Bosco})\% = 0,9$;

– per una ipotetica suddivisione della superficie forestale in cinque categorie diverse (stabilita fissando arbitrariamente il numero di unità campionarie associate a ciascuna di esse), si ottiene

–>	$n'_{BoscoUno}$ = 4.820	$\hat{A}_{BoscoUno}$	= 4.338.000 ettari	$ES(\hat{A}_{BoscoUno}o)$	= 1,3
–>	$n'_{BoscoDue}$ = 2.206	$\hat{A}_{BoscoDue}$	= 1.985.400 ettari	$ES(\hat{A}_{BoscoDue})\%$	= 2,1
–>	$n'_{BoscoTre}$ = 1.250	$\hat{A}_{BoscoTre}$	= 1.125.000 ettari	$ES(\hat{A}_{BoscoTre})\%$	= 2,8
–>	$n'_{BoscoQuattro}$ = 663	$\hat{A}_{BoscoQuattro}$	= 596.700 ettari	$ES(\hat{A}_{BoscoQuattro})\%$	= 3,8
–>	$n'_{BoscoCinque}$ = 700	$\hat{A}_{BoscoCinque}$	= 630.000 ettari	$ES(\hat{A}_{BoscoCinque})\%$	= 3,7

Scheda 5.2 – Previsioni di massima sulle stime dell'estensione della superficie forestale e di alcune sue ipotetiche ripartizioni, con indicazione dei relativi errori campionari, nel caso di campionamento in due fasi, con grappoli di fotopunti e senza errori di classificazione.

CAMPIONAMENTO BIFASICO CON SELEZIONE DELLE UNITA CAMPIONARIE MEDIANTE GRAPPOLI Di FOTOPUNTI IN PRIMA FASE E ESTRAZIONE Di UN SOTTOCAMPIONE DA VISITARE AL SUOLO IN SECONDA FASE

In uno scenario di 30.099.600 unità della popolazione da studiare, per cui si hanno complessivamente 50.166 grappoli di fotopunti, con 600 fotopunti per grappolo, si ipotizza di selezionare un campione (verosimile) di 1.000 grappoli, con cui si ottengono le seguenti stime di prima fase:

– proporzione dell'area boscata sul totale $\hat{p}_{Bosco}$ =0,2938;

– estensione della superficie boscata $\hat{A}_{Bosco}$ = 30.099.600 x 0,2938 = 8.843.262,5 ettari;

– l'errore campionario della stima dell'estensione della superficie boscata è pari a ES($\hat{A}_{Bosco}$) = 193.175,5 ettari che, in termini percentuali, diventa ES($\hat{A}_{Bosco}$) % = 2,2;

– per una ipotetica suddivisione della superficie forestale in cinque categorie diverse (stabilita fissando arbitrariamente il numero di unità campionarie (fotopunti) associate a ciascuna di esse nell'ambito di ogni grappolo), si ottiene

–>	$n'_{BoscoUno}$	= 0,1441	$\hat{A}_{BoscoUno}$	= 4.337.352,4 ettari	ES($\hat{A}_{BoscoUno}$o)	= 3,2
–>	$n'_{BoscoDue}$	= 0,0717	$\hat{A}_{BoscoDue}$	= 2.158.141,3 ettari	ES($\hat{A}_{BoscoDue}$)%	= 3,9
–>	$n'_{BoscoTre}$	= 0,0371	$\hat{A}_{BoscoTre}$	= 1.116.695,2 ettari	ES ($\hat{A}_{BoscoTre}$) %	= 5,0
–>	$n'_{BoscoQuattro}$	= 0,0199	$\hat{A}_{BoscoQuattro}$	= 596.982,0 ettari	ES($\hat{A}_{BoscoQuattro}$)%	= 5,8
–>	$n'_{BoscoCinque}$	= 0,0210	$\hat{A}_{BoscoCinque}$	= 632.091,6 ettari	ES($\hat{A}_{BoscoCinque}$)%	= 5,1

Queste stime sono ottenute con il campione di prima fase (su foto aeree); l'ulteriore suddivisione in categorie inventariali di dettaglio e le valutazioni su attributi specifici si ottengono attraverso un successivo sottocampione di seconda fase da localizzare sul terreno.

Scheda 5.3 - Previsioni di massima sulle stime dell'éstensione della superficie forestale e di alcune sue ipotetiche ripartizioni, con indicazione dei relativi errori campionari, nel caso di campionamento in tre fasi e senza errori di classificazione.

CAMPIONAMENTO TRIFASICO CON SELEZIONE Di UNITA CAMPIONARIE Di PRIMA FASE MEDIANTE RETICOLO CHILOMETRICO, CON SELEZIONE Di UNITA CAMPIONARIE Di SECONDA FASE MEDIANTE GRAPPOLI Di FOTOPUNTI E CON ESTRAZIONE IN TERZA FASE Di UN SOTTOCAMPIONE DA VISITARE AL SUOLO

Adattando alcune informazioni fornite dal IFN '85 all'ipotesi di impiego di un reticolo chilometrico, associate ad uno scenario simile a quello accennato nella scheda 5.2, si ipotizza di selezionare a probabilità variabile un campione (verosimile) di 400 grappoli, con cui si ottengono le seguenti:

stime di prima fase

– n = 300.996 unità di campionamento, di cui n' = 86.751 risultano appartenenti alla superficie boscata;

– estensione della superficie boscata $\hat{A}_{Bosco}$ =8.675.1 00 ettari, con un errore campionario pari a ES($\hat{A}_{Bosco}$)= 24.849,3 ettari che, in termini percentuali, diventa ES($\hat{A}_{Bosco}$) % = 0,3;

stime di seconda fase

– per una ipotetica suddivisione della superficie forestale in cinque categorie diverse (stabilita fissando arbitrariamente il numero di unità campionarie (fotopunti) associate a ciascuna di esse nell'ambito di ogni grappolo selezionato), si ottiene

–>	$n'_{BoscoUno}$ = 0,14909	$\hat{A}_{BoscoUno}$	= 4.258.606,6 ettari	ES($\hat{A}_{BoscoUno}$o)	= 1,4
–>	$n'_{BoscoDue}$ = 0,2437	$\hat{A}_{BoscoDue}$	= 2.114.121,9 ettari	ES($\hat{A}_{BoscoDue}$)%	= 1,9
–>	$n'_{BoscoTre}$ = 0,1246	$\hat{A}_{BoscoTre}$	= 1.080.917,5 ettari	ES ($\hat{A}_{BoscoTre}$) %	= 2,6
–>	$n'_{BoscoQuattro}$ = 0,0686	$\hat{A}_{BoscoQuattro}$	= 595.111,9 ettari	ES($\hat{A}_{BoscoQuattro}$)%	= 3,1
–>	$n'_{BoscoCinque}$ = 0,0722	$\hat{A}_{BoscoCinque}$	= 626.342,2 ettari	ES($\hat{A}_{BoscoCinque}$)%	= 2,8

Queste stime sono ottenute con il campione di prima fase (su ortofoto digitali) e di seconda fase (su foto aeree); l'ulteriore suddivisione in categorie inventariali di dettaglio e le valutazioni su attributi specifici si ottengono attraverso un successivo sottocampione di terza fase da localizzare sul terreno.

Bibliografia

Ceccon C., Tabacchi G., 1998 – *Note metodologiche relative alle procedure di elaborazione dei dati dell'inventario forestale della Toscana*. Comunicazioni di Ricerca deIISAFA 98/2, Trento.

DeVries P. G., 1986 – *Sampling theory for forest inventory*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.

Diana G., Salvan A., 1987 – *Campionamento da popolazioni finite.* Cleup Editore, Padova.

European Commission, 1997 – *Study On European Forestry Information and Communication System-Report on forestry inventory and survey systems*. Vol. 1 e 2, Office for Official Pubblications of the European Communities, Luxenbourg.

Matèrn B., 1961 – *Spatial Variation. Stochastic models and their application to some problems in forest surveys and other sampling investigations*. Meddelanden Fr°an Statens Skogsforskningsinstitut, Band 49, Stockolm.

Tokola T, Heikkilä J., 1997 – *Improving Satellite Image Based Forest Inventory by Using A Priori Site Quality Information*. Silva Fennica Vol. 31 (1), Finnish Forest Research Institute, Heisinki.

Capitolo 6

COSTI REALIZZATIVI E IPOTESI ORGANIZZATIVE

SOMMARIO

6.1 I costi nelle tre ipotesi metodologiche pag.
6.1.1 I costi del disegno monofasico »
6.1.2 I costi del disegno bifasico »
6.1.3 I costi del disegno trifasico »
6.1.4 Precisazioni sulle voci di costo e sui tempi di lavoro »

6.2 Analisi comparata su costi ed efficienza dei disegni proposti »

6.3 Aspetti organizzativi nella realizzazione del nuovo inventario »
6.3.1 L'esperienza organizzativa di IFN 85: un modello da riproporre? »
6.3.2 Una struttura permanente per l'inventario nazionale »

6.1 I costi nelle tre ipotesi metodologiche

Per la valutazione dei costi di realizzazione dell'inventario forestale nazionale secondo le diverse ipotesi metodologiche illustrate nel precedente capitolo, ciascuno dei disegni inventariali ipotizzato è stato scomposto secondo uno schema analitico che identifica le principali fasi operative. Tale schema permette di individuare le voci di costo più importanti e il loro peso relativo nell'ambito del disegno inventariale di riferimento, nonché di valutare il rapporto tra costi da sostenere e contenuto informativo delle principali attività inventariali.

Va subito chiarito che nell'analisi sono stati considerati separatamente i tre disegni inventariali senza scendere nel dettaglio delle due opzioni particolari in cui ognuno di essi può essere articolato. Sono stati quindi stimati separatamente i costi da affrontare nel caso dei disegni inventariali con una, due e tre fasi di campionamento, nell'ipotesi di schemi organizzati in modo tale da rendere minimi gli errori legati alle classificazioni.

Ovviamente lo schema di analisi seguito può essere modificato o affinato alla luce di ulteriori e più precise assunzioni relative ai disegni inventariali stessi, così come le indicazioni dei costi, pure verosimili, hanno ancora un valore indicativo. Valutazioni più precise potranno essere fatte a valle di una scelta sul disegno inventariale ritenuto più idoneo. Allo stato attuale l'analisi economica ha come obiettivo principale quello di fornire un'indicazione dell'ordine di grandezza dei costi da sostenere per ogni disegno, in modo tale da favorire una valutazione comparata delle proposte alla luce sia della loro efficienza statistica che dell'onere finanziario corrispondente.

6.1.1 I costi del disegno monofasico

Per questo disegno inventariale è previsto l'impiego dell'insieme campionario individuato spazialmente con l'IFN 85 e costituito dai 33.444 punti di sondaggio individuati dal reticolo trichilometrico ancorato al reticolato UTM. La fase di campionamento al suolo è preceduta da un'analisi dei punti di sondaggio sulle ortofoto AIMA, la cui finalità è quella di escludere un insieme il più numeroso possibile di unità campionarie sicuramente non afferenti al dominio inventariale.

Di seguito sono elencate le operazioni inventariali e le relative stime finanziarie (i costi sono espressi in migliaia di lire e sono al netto dell'IVA).

	Descrizione delle operazioni	Unità di misura	Costo unitario	Quantità	Costo totale
1.1	Predisposizione del progetto esecutivo	99	700	60	42.000
1.2	Redazione del manuale di campagna e predisposizione delle schede per i rilievi a terra	99	700	60	42.000
2.1	Predisposizione dei S.I.F, architettura del sistema, configurazione e struttura delle banche dati, definizione delle procedure statistiche, software di elaborazione, ecc.	99	700	100	70.000
2.2	Implementazione del database cartografico: basi cartografiche, unità amministrative, ecoregioni, ecc.	99	500	35	17.500
3.1	Redazione del software per l'acquisizione delle ortofoto digitali e l'individuazione dei punti nodali del reticolo trichilometrico	99	500	30	15.000
3.2	Interpretazione a video per l'individuazione dei punti bosco	99	500	30	15.000
4	Rilievo aree di saggio	n	950	12.000	11.400.000
5.1	Implementazione nel database dei dati ecologico-stazionali: altitudine, esposizione, pendenza, vegetazione, condizioni fitosanitarie, ecc.	a forfait			40.000
5.2	Implementazione nel database delle misure forestali (diametri, altezze, età, incrementi, ecc.)	a forfait			30.000

6	Stratificazione ed elaborazione dei dati	gg	600	150	90.000
7	Controlli di qualità e collaudi (10% delle fasi precedenti)				1.176.150
8	Relazione finale	gg	700	60	42.000
9	Editing e divulgazione dei risultati (report a stampa, cartografie, CD Rom, pagine Web, ecc.)	a forfait			200.000
10	Spese di coordinamento 3%				395.390
11	Spese generali (acquisto materiale cartografico, documentazione varia, materiale di rapido consumo, ecc.)	a forfait			130.000
12	Totale				13.705.040

6.1.2 I costi dei disegno bifasico

Il disegno bifasico prevede la formazione di un campione di prima fase su immagini appositamente realizzate (fotografie aereo a scala e con caratteristiche idonee alle classificazioni forestali), organizzato in segmenti areolari nell'ambito dei quali i vari tipi di uso dei suolo e di copertura forestale vengono osservati mediante grappoli di fotopunti. È stata adottata l'ipotesi molto conservativa di dover individuare 1.000 segmenti areolari distribuiti uniformemente sul territorio, ciascuno dell'estensione di 600 ettari. L'analisi delle categorie inventariali viene effettuata su aree di saggio fotografiche (fotopunti) disposte sui nodi di un reticolo di 100 m di lato, per un totale di 600 punti di sondaggio.

Il campione di seconda fase è costituito da un sottoinsieme di 6000 unità elementari selezionate tra quelle che sono state assegnate al dominio inventariale in prima fase. Tali unità vengono materializzate al suolo per le classificazioni di maggior dettaglio e per le misure relative agli attributi di interesse inventariale.

Di seguito sono elencate le operazioni inventariali e le relative stime dei costi (espressi in migliaia di lire e al netto dell'IVA).

	Descrizione delle operazioni	**Unità di misura**	**Costo unitario**	**Quantità**	**Costo totale**
1.1	Predisposizione del progetto esecutivo	gg	700	60	42.000
1.2	Redazione delle norme per la fotointerpretazione	gg	700	20	14.000
1.3	Redazione del manuale di campagna e predisposizione delle schede per i rilievi a terra	gg	700	60	42.000
2.1	Predisposizione dei S.I. F., architettura del sistema, configurazione e struttura delle banche dati, definizione delle procedure statistiche, software di elaborazione, ecc.	gg	700	100	70.000
2.2	Distribuzione dei segmenti areolari e implementazione del database cartografico: basi cartografiche, unità amministrative, ecoregioni, ecc.	gg	500	100	50.000
3.1	Realizzazione della copertura fotografica (1.000 segmenti areolari)	n	3.000	1.000	3.000.000
3.2	Individuazione sulle fotoaeree dei segmenti areolari e dei punti di sondaggio a grappoli (600.000 fotopunti)	n	0,5	600.000	300.000
3.3	Foto interpretazione dei punti di sondaggio a grappoli (600.000 fotopunti)	99	500	1.200	600.000
3.4	Controlli a terra di una parte dei punti fotointerpretati	99	700	50	35.000
3.5	Implementazione nel database dei dati di fotointerpretazione	a forfait			9.000
4	Elaborazione delle unità foto interpretate, stratificazione ed estrazione dei punti di rilevamento al suolo	99	700	20	14.000
5	Rilievo aree di saggio	n	800	6.000	4.800.000
6.1	Implementazione nel database dei dati ecologico-stazionali: altitudine, esposizione, pendenza, vegetazione, condizioni fitosanitarie, ecc.	a forfait			18.000

6.2	Implementazione nel database delle misure forestali (diametri, altezze, età, incrementi, ecc.)	a forfait			14.400
7	Elaborazione dei dati	99	500	100	50.000
8	Controllo di qualità e collaudi (10% delle fasi precedenti)				905.840
9	Relazione finale	gg	700	60	42.000
10	Editing e divulgazione dei risultati (report a stampa, cartografie, CD Rom, Internet, ecc.)	a forfait			150.000
11	Spese di coordinamento 3%				304.690
12	Spese generali (acquisto materiale cartografico, documentazione varia, materiale di rapido consumo, ecc.)	a forfait			100.000
	Totale				10.560.930

6.1.3 1 costi dei disegno trifasico

Dal punto di vista strettamente operativo, questo disegno inventariale condivide alcune modalità con il disegno precedente, del quale costituisce una sorta di sofisticazione. Presenta infatti una procedura preliminare alla seconda fase che permette poi di adottare un criterio di campionamento a probabilità variabile in grado di aumentare l'efficienza dell'intero schema di campionamento. Con maggior dettaglio, il disegno d'inventario risulta così articolato:

– Classificazione e suddivisione tra forestali e non forestali dei nodi di un reticolo sistematico, con maglia quadrata di lato 1 km (o 0,5 km nel caso si vogliano ottenere stime più accurate della superficie forestale) individuato sulle ortofoto digitali.
– Selezione con probabilità variabile di 400 segmenti areolari, estesi ognuno su 600 ettari. Questa fase è identica alla prima del disegno precedente, ad eccezione delle modalità di distribuzione spaziale dei segmenti, che viene guidata dalle stime di densità forestale del territorio ottenute in prima fase. Si determina quindi una intensificazione di campionamento nelle aree a tasso di forestazione più elevato. Su ogni segmento areolare, mediante reticolo sistematico con maglie quadrate aventi lato di 100 m, viene individuato un grappolo di punti di sondaggio (fotopunti), con il quale vengono stimate le superfici delle categorie forestali.
– Estrazione di un sottocampione (di 3.000 unità) dall'insieme dei fotopunti appartenenti alle categorie forestali e loro individuazione al suolo per le classificazioni di dettaglio e per l'esecuzione delle misure relative agli attributi di interesse inventariale.

Di seguito sono elencate le operazioni inventariali e le relative stime finanziarie (i costi sono espressi in migliaia di lire al netto dell'IVA).

	Descrizione delle operazioni	**Unità di misura**	**Costo unitario**	**Quantità**	**Costo totale**
1.1	Predisposizione del progetto esecutivo	gg	700	60	42.000
1.2	Redazione delle norme per la fotointerpretazione	gg	700	30	21.000
1.3	Redazione del manuale di campagna e predisposizione delle schede per i rilievi a terra	gg	700	60	42.000
2.1	Predisposizione dei S.I.F., architettura dei sistema, configurazione e struttura delle banche dati, definizione delle procedure statistiche, software di elaborazione	gg	700	100	70.000
2.2	Implementazione del database cartografico: basi cartografiche, unità amministrative, ecoregioni, segmenti areolari, ecc.	gg	500	80	40.000
3.1	Redazione del software per l'acquisizione delle ortofoto digitali, individuazione dei punti nodali del reticolo chilometrico	gg	500	30	15.000
3.2	Interpretazione a video (circa 300.000 punti)	gg	500	500	250.000

4.1	Realizzazione della copertura fotografica (400 segmenti areolari)	n	3.000	400	1.200.000
4.2	Raccolta di chiavi di fotointerpretazione	gg	700	200	140.000
4.3	Individuazione sulle foto delle aree di saggio	n	0,5	240.000	120.000
4.4	Fotointerpretazione dei segmenti areolari mediante aree di saggio fotografiche (240.000 fotopunti)	gg	500	750	375.000
4.5	Implementazione nel database dei dati di fotointerpretazione.	a forfait			5.000
5	Elaborazione delle unità fotointerpretate, stratificazione ed estrazione dei punti di rilevamento al suolo	gg	700	40	28.000
6	Rilievo aree di saggio	n	800	3.000	2.400.000
7.1	Implementazione nel data-base dei dati ecologico-stazionali: altitudine, esposizione, pendenza, vegetazione, condizioni fitosanitarie, ecc.	a forfait			8.000
7.2	Implementazione nel data-base dei dati dendrometrici (diametri, altezze, età, incrementi, ecc.)	a forfait			12.000
8	Elaborazione dati	99	500	100	50.000
9	Controlli di qualità e collaudi (10% delle fasi precedenti)				481.800
10	Approntamento della relazione finale	99	700	60	42.000
11	Editing e divulgazione dei risultati (report a stampa, cartografie, CD Rom, Internet, ecc.)	a forfait			200.000
12	Spese di coordinamento 3%				166.254
13	Spese generali (acquisto materiale cartografico, documentazione varia, materiale di rapido consumo, ecc.)	a forfait			100.000
	Totale				5.808.054

6.1.4 Precisazioni sulle voci di costo e sui tempi di lavoro

Per l'analisi dei costi sono stati considerati prezzi, a giornata di lavoro, differenziati a seconda delle attività svolte.

Tutte le fasi di lavoro connesse alla progettazione dell'inventario e tutte quelle nelle quali è previsto l'impiego di personale con specializzazione scientifica specifica nell'inventariazione forestale sono state stimate al costo di lire 700.000 per giorno/uomo. Per le attività che possono invece essere affidate a personale con preparazione professionale ordinaria (liberi professionisti) è stato previsto un costo di lire 400.000 per una giornata di lavoro in ufficio e di lire 600.000 per una giornata di lavoro in campagna. Quest'ultima valutazione, oltre che delle spese di viaggio, di vitto e di alloggio, tiene conto anche delle quote di ammortamento della dotazione strumentale e dei mezzi di trasporto.

È stato infine stimato un costo giornaliero di lire 500.000 per uomo per le attività di elaborazione delle immagini telerilevate. In questo caso si è tenuto conto sia dei grado di professionalità degli operatori che dei costi di ammortamento dei software e dell'hardware.

Il costo delle riprese aeree specifiche è stato forfetizzato in lire 3.000.000 per segmento areolare. Non è stata invece considerata onerosa l'acquisizione delle ortofoto digitali in quanto già disponibili presso il Ministero committente.

Le voci di costo relative alle attività di input dei dati alfanumerici fanno riferimento ad un prezzo medio orientativo, applicato da ditte dei settore, che si aggira sulle 7-9 lire a battuta. Sono state invece considerate globalmente le spese generali e quelle di editing dei risultati.

I tempi di lavoro stimati per le singole fasi tengono conto delle caratteristiche proprie di ciascun disegno inventariale, della quantità di dati da raccogliere e delle difficoltà operative connesse. In particolare:

– per quanto riguarda l'approntamento dei S.I.F. dei dati cartografici, nei disegni inventariali a due e tre fasi è stato considerato un maggior impegno di lavoro in relazione

all'immissione dei dati relativi ai segmenti areolari, alla possibilità che a questi venga associato il DTM e sue eventuali elaborazioni (fisiografia, pendenze, esposizioni);
– per quanto riguarda il rilievo delle aree di saggio è stato considerato un rendimento medio di 1,5 punti al giorno, considerando squadre composte da due rilevatori, nel caso di punti di sondaggio di primo impianto e di 1,3 punti al giorno nel caso di ripetizione di punti IFN '85.

6.2 Analisi comparata su costi ed efficienza dei disegni proposti

Un confronto analitico rigoroso tra i disegni inventariali ipotizzati, in cui vengano prese in considerazione congiuntamente sia le efficienze estimative degli schemi di campionamento che i costi realizzativi, appare quanto mai problematico. Anche in letteratura questo argomento risulta poco trattato e i lavori reperibili sono dedicati all'analisi di disegni inventariali molto semplici e facilmente confrontabili tra loro.

L'analisi deve quindi limitarsi ad una valutazione più generale relativamente i) all'effettiva capacità di ciascun disegno di fornire le informazioni individuate dagli obiettivi inventariali, ii) alla garanzia di una adeguata efficienza statistica e cioè al contenimento entro limiti accettabili degli errori di campionamento, iii) ai costi stimati come necessari per la realizzazione di ciascuna alternativa.

A tal proposito la consultazione del paragrafo 5.3 del precedente capitolo e le indicazioni sui costi realizzativi di cui ai paragrafi 6.1.1, 6.1.2 e 6.1.3, potranno fornire le informazioni che, opportunamente combinate, appaiono in prima istanza sufficienti per una valutazione oggettiva delle alternative metodologiche proposte. Occorre solo ricordare che nella valutazione dei disegni bifasico e trifasico il numero di segmenti areolari da individuare (schede 5.2 e 5.3) può essere anche sovrastimato, circostanza che porterebbe a valutazioni più pessimistiche del necessario sulle risorse da dedicare alla realizzazione di questi disegni campionari. Più attendibili sono invece le previsioni di costi per il disegno monofasico.

In ogni caso, in tabella 6.1 vengono riportate nei tre casi, le indicazioni di errore atteso (per superfici di varia estensione) e di costo complessivo da affrontare nelle tre alternative metodologiche.

Come si può notare le previsioni di costo si differenziano notevolmente. In particolare, mentre il costo complessivo per il disegno monofasico non è significativamente diverso da quello stimato per il disegno bifasico, le necessità finanziarie previste per il disegno articolato in tre fasi sono nettamente più contenute. Tale differenza assume dimensioni tali da far ritenere del tutto superflui ulteriori commenti.

6.3 Aspetti organizzativi nella realizzazione del nuovo inventario

6.3.1 L'esperienza organizzativa di IFN 85: un modello da riproporre?

L'impianto organizzativo del precedente inventario si articolava in un nucleo di riferimento scientifico (gruppo di lavoro ISAFA), cui fu affidata la progettazione operativa, l'istruzione delle squadre di rilevamento, la stesura delle specifiche di controllo di qualità dei dati e di elaborazione, la interpretazione e la stesura dei risultati finali.

Il lavoro di tale gruppo, soprattutto in fase progettuale, era supervisionato da una commissione composta da studiosi di varia estrazione e da funzionari dell'allora Direzione generale dell'economia montana e delle foreste, presieduta dal Direttore generale.

Esisteva poi un vasto apparato realizzativo coordinato da un dirigente della Direzione citata e composto da Personale operativo dei Corpo forestale dello Stato selezionato per l'esecuzione del lavoro di campagna nelle varie strutture decentrate dei CFS.

Nonostante la “novità” della realizzazione, pur con certi inconvenienti peraltro tollerabili nel contesto di una operazione di portata nazionale, la formula ebbe successo, tanto da raggiungere gli obiettivi nei tempi previsti.

L’ovvio interrogativo che si pone è se un simile impianto organizzativo è ora riproponibile, alla luce dei nuovi contenuti e metodi proposti per il nuovo inventario e della nuova veste organizzativa ministeriale, frutto della tormentata storia di ristrutturazione verificatasi dopo la realizzazione IFN 85. Per quanto attiene a tutti questi aspetti sarà naturalmente la Committenza di questo studio a fare le opportune considerazioni e a individuare le relative strategie decisionali.

Al gruppo di lavoro ISAFA che ha realizzato questo studio corre peraltro l’obbligo di segnalare come sotto il profilo strettamente tecnico l’aggiornamento metodologico e tecnologico, insito nelle ipotesi realizzative proposte, richiede nelle varie fasi, e soprattutto in quelle iniziali, personale dotato di specifica competenza nel settore del telerilevamento e della fotointerpretazione. È poi quanto mai evidente che l’eventuale realizzazione dei voli di ripresa dei segmenti areolari prevista dal secondo al terzo disegno campionario vada eventualmente affidata a ditte altamente specializzate in grado di garantire una produzione omogenea e perfettamente aderente agli standard qualitativi, soprattutto se si considera che occorrerebbe operare con emulsioni molto delicate sotto questo profilo.

Anche nel caso di attuazione del disegno monofasico, nella versione con impiego dell’ortofotocarta AIMA, professionalità nella foto interpretazione sarebbero comunque necessarie. Se si percorresse la strada nell’impiego di immagini satellitari, ancora più evidente appare la necessità di uno staff tecnico di alta specializzazione nel trattamento di immagini digitali.

Per quanto attiene il rilievo al suolo delle unità elementari selezionate, anche procedendo con l’ausilio di Personale forestale ordinario, occorrerà prevedere una adeguata professionalizzazione di tale Personale nell’uso delle tecnologie di radiolocalizzazione e navigazione satellitare e delle nuove strumentazioni dendrometriche.

Fondamentale sarà anche l’apporto di esperti nella georeferenziazione dei dati (punti nodali, aree elementari) dotati di conoscenze nel settore dei Sistemi Geografici Informativi (GIS) e nella progettazione di archivi di informazioni territoriali georiferite.

Infine, nell’auspicio che il nuovo IFN superi la ristretta dimensione di produzione dei risultati su solo supporto cartaceo per proporre all’utente-utilizzatore una vera banca dati sugli esiti inventariali interrogabile in modo interattivo e flessibile, anche professionalità in questo settore saranno assolutamente da prevedere a livello di progettisti di archivi elettronici, di esperti nella realizzazione di siti INTERNET e nella produzione di supporti multimediali.

Da questo quadro emerge la considerazione che, abbandonata la fase “pionieristica” di IFN 85, occorre pensare ad una struttura organizzativa più complessa e ad alta specializzazione settoriale. Con ciò non si vuole affatto negare l’utilità del Personale forestale dipendente dall’Amministrazione centrale o da Organismi periferici decentrato sul territorio, che potrebbe essere adeguatamente utilizzato nelle fasi del rilievo al suolo, anche se con i citati interventi di professionalizzazione specifica sull’impiego delle nuove tecnologie. Senza alcun dubbio la conoscenza locale del territorio e le capacità di organizzazione logistica già ampiamente dimostrate nella realizzazione di IFN 85 costituiscono prerogative di tale Personale da valorizzare adeguatamente.

In tale evenienza il disegno monofasico appare quello certamente più adatto nel favorire questo impiego ed è evidente che, più proficua sarà questa integrazione, più possibilità esisteranno di un contenimento dei costi realizzativi previsti nei paragrafi precedenti i quali, come è logico che sia, sono peraltro dimensionati sulle remunerazioni di mercato di tecnici liberi professionisti.

6.3.2 Una struttura permanente per l'inventario nazionale

Benché sia superfluo sottolineare nuovamente che gli aspetti organizzativi di una eventuale nuova realizzazione inventariale attengono totalmente alla sfera di competenza della Committenza di questo studio, non appare fuori luogo esprimere alcune opinioni in merito alla costituzione di una struttura apposita, frutto di un'analisi degli impianti organizzativi e delle procedure seguite nei Paesi a tradizione inventariale più avanzata.

Infatti la maggior parte di tali Paesi è dotata di strutture permanenti che si occupano di questo tipo di realizzazioni. È evidente che la qualità ed il successo di un processo conoscitivo così complesso dipendono fortemente dall'esperienza acquisita dalle singole persone tramite un processo di aggiornamento costante e il progressivo allestimento di un complesso di risorse umane e tecnologiche di alta specializzazione nel settore. In termini di costi appare al contempo probabile che un nucleo permanente di specialisti, dotato di tecnologie adeguate possa rivelarsi più vantaggioso anche sotto questo profilo, rispetto alla costituzione episodica di gruppi di lavoro temporanei.

Si possono citare vari esempi nei quali l'inventario forestale nazionale viene realizzato da strutture permanenti e dedicate. In Austria, ad esempio, l'istituto di inventari forestali che si occupa quasi esclusivamente dell'inventario nazionale dal 1961, è parte, assieme ad altri istituti della sperimentazione forestale, di una struttura periferica del Ministero per l'agricoltura e le foreste. In Svizzera l'inventario forestale nazionale è progetto sviluppato permanentemente da una sezione dei Dipartimento di monitoraggio forestale dell'istituto federale di ricerche forestali. I vantaggi di un accorpamento in un'unica struttura delle unità che si occupano delle tematiche forestali (ecologia, genetica, selvicoltura, difesa biologica e dei suolo, biometria e assestamento, inventari) sono abbastanza evidenti per il forte carattere interdisciplinare che caratterizza la realizzazione di un inventario forestale nazionale e quindi per la necessità di frequenti interazioni fra le diverse discipline. In questo senso può essere citato l'esempio norvegese dove monitoraggio ed inventari forestali fanno parte assieme ad altri settori specifici (ad esempio, pianificazione forestale, dati geografici, cartografia della vegetazione e pedologia, uso del suolo, coordinamento dei dati ambientali ecc.) di un Istituto per l'inventario dei territorio. Tuttavia, alla luce delle diverse competenze sulle risorse naturali in Italia (ambiente in generale, boschi in particolare, suoli ecc.), il modello norvegese, anche se molto razionale, sembra difficilmente imitabile. Anche negli Stati Uniti e in Canada esiste un istituto che si occupa permanentemente di inventari forestali.

In sostanza, nel settore dell'inventariazione forestale occorrerebbe passare da realizzazioni isolate a una visione permanente in grado di corrispondere alle esigenze conoscitive sullo stato e la dinamica delle risorse forestali del Paese ai livelli qualitativi oggi richiesti.

Per tali considerazioni, si ritiene di sottolineare che il successo del prossimo Inventario Forestale Nazionale e di quelli successivi potrebbe dipendere in larga misura dalla realizzazione anche in Italia di una struttura organizzativo-realizzativa permanente, della quale si ipotizzano qui le linee essenziali, anche alla luce delle conoscenze su strutture analoghe presenti in altri paesi. Più in generale è opportuno anche sottolineare che l'inventario forestale nazionale è uno strumento che si accompagna ad altre realizzazioni volte alla verifica continua dello stato dei boschi italiani. Questa iniziativa si dovrebbe cioè coordinare con altre attività volte a costituire, nell'insieme, un sistema più ampio di monitoraggio dei boschi, strumento essenziale di base per una incisiva politica forestale ed una efficiente pianificazione dell'uso delle risorse forestali.

Qualora il Ministero lo ritenesse opportuno la prevista riforma degli Istituti di Sperimentazione agraria e forestale dei MIPA potrebbe rappresentare l'occasione opportuna per istituire una struttura permanente cui delegare progetti e realizzazioni in tema di monitoraggio delle risorse forestali.

Denominazione, articolazione disciplinare e organici di tale struttura potranno essere individuati a valle di una più precisa configurazione delle linee di riforma degli Istituti MIPA.

Per ora è necessario sottolineare che individuata "un'area tematica" di **monitoraggio forestale e delle aree naturali e seminaturali** essa dovrebbe occuparsi di:

a) progettazione e realizzazione periodica dell'IFN e del continuo aggiornamento metodologico in materia, tenuto conto dell'evoluzione delle richieste informative interne e internazionali in materia. Per le campagne di rilevamento la struttura si avvarrà di gruppi operativi temporanei opportunamente professionalizzati;
b) ideazione e attuazione di metodi di "stime rapide" tra una sessione inventariale e l'altra, destinati all'aggiornamento provvisorio dello stato delle risorse forestali dei Paese a cadenza temporale più limitata rispetto alla periodicità inventariale;
c) coordinamento scientifico-metodologicoe alla "messa in compatibilità" delle iniziative inventariali a scala regionale e provinciale, eventualmente anche operando, ove richiesto, secondo criteri di sussidiarietà, laddove le Amministrazioni locali non siano in grado di provvedere autonomamente;
d) progettazione e realizzazione di progetti inventariali speciali a scala geografica, inerenti aspetti particolari dello stato delle risorse forestali nazionali quali ad esempio:
   – inventari specifici relativi al controllo delle avversità (incendi, stabilità idrogeologica, patologie, eperimento da inquinamento);
   – controllo della biodiversità;
   – stato di sviluppo dell'arboricoltura da legno ordinario e pregiato e della pioppicoltura;
   – inventariazione specifica per la valutazione della produzione legnosa extraforestale e
   – inventari sulle provenienze genetiche e sulle produzioni vivaistiche;
   – controllo delle specie minacciate di estinzione;
   – controllo e aggiornamento dello stato e dello sviluppo della pianificazione forestale locale;
   – produzioni forestali non legnose (frutti, sughero, etc.)
e) controllo e aggiornamento inventariale di eventuali aree campione individuate sul territorio nazionale in osservanza ad iniziative inventariali sovranazionali cui il Paese aderisce;
f) studi e sperimentazione operativa di metodi e tecnologia inventariale e di monitoraggio forestale su scala assestamentale finalizzati alla pianificazione locale;
g) studi e realizzazioni di carattere biometrico e modellistico finalizzati all'inventariazione forestale a grande e piccola scala;
h) studi e ideazione di indicatori da adottare nella valutazione multifunzionaie delle risorse forestali e nella certificazione della sostenibilità dell'uso delle risorse stesse;
i) impiego operativo del telerilevamento, della geoinformatica (GIS), della geostatistica e delle tecniche di radioposizionamento satellitare (GPS) negli inventari forestali;
l) ingegnerizzazione delle banche dati inventariali e sistemi telematici di divulgazione dei risultati.

È evidente che tale struttura dovrebbe operare sotto la direzione strategico-politica di un apposito ufficio ministeriale che individui le iniziative da perseguire e le coordini sul piano nazionale (ISTAT, Regioni, Ministero dell'Ambiente) e internazionale (UE, Eurostat). Molte delle competenze richieste per l'istituzione di una simile struttura sono già presenti in ISAFA, nell'istituto di Selvicoltura di Arezzo, in quello di Difesa del Suolo di Firenze ed infine nell'istituto di Pioppicoltura di Casale Monferrato. Potrebbe comunque essere necessario un potenziamento di organici ad alta specializzazione, in una visione interdisciplinare delle professionalità da coinvolgere.

Tabella 6.1 – Stime dell'estensione di alcune categorie ínventariali osservate con i tre disegni di campionamento, relativi errori standard e costi complessivi previsti per i tre diversi disegni.

	MONOFASICO	BIFASICO	TRIFASICO
Categoria 1			
– estensione (ettari)	4.338.000	4.337.352	4.258.607
– ES%	1,3	3,2	1,4
Categoria 2			
– estensione (ettari)	1.985.400	2.158.141	2.114.122
– ES%	2,1	3,9	1,9
Categoria 3			
– estensione (ettari)	1.125.000	1.116.695	1.080.918
– ES%	2,8	5,0	2,6
Categoria 4			
– estensione (ettari)	596.700	598.982	595.112
– ES%	3,8	5,8	3,1
Categoria 5			
– estensione (ettari)	630.100	632.092	626.342
– ES%	3,7	5,1	2,8
Costo complessivo stimato (migliaia di lire)	13.705.040	10.560.930	5.808.054