

## **Ente Regionale per i Servizi all'Agricoltura e alle Foreste**

**Dipartimento ai Servizi del Territorio Rurale e delle Foreste  
Struttura Suoli, Pianificazione e Sviluppo Sostenibile**

### **PROGETTO CARTA DEI TIPI FORESTALI**

### **RELAZIONE FINALE**

Milano, 31/03/2006

### **Gruppo di lavoro:**

- Coordinamento: Enrico Calvo, ERSAF
- Supervisione scientifica: Roberto Del Favero, Università di Padova
- Personale ERSAF: Wanda Bodoardo, Cristian Della Torre, Dante Fasolini, Valerio Marchetti
- Referente tecnico DG Agricoltura, Regione Lombardia: Elisabetta D'Ambrosi
- Tecnici incaricati dello sviluppo del progetto: Michele Carta, Michele Cereda, Nicola Gallinaro, Maurizio Odasso, Paolo Federicis
- Tecnici incaricati come esperti di zona: Davide Beccarelli, Ester Bellini, Stefano Enfissi, Gianfranco Gregorini, Alessandro Nicoloso, Daniele Sguazzini, Paolo Valsecchi, Giulio Zanetti.

### **Ringraziamenti**

Si ringrazia il Servizio Foreste della Provincia Autonoma di Trento, nelle persone del dott. Lucio Sottovia e del dott. Angelo Carriero, per aver messo a disposizione conoscenze e procedure sviluppate nell'ambito della realizzazione del modello per la rappresentazione cartografica automatizzata dei tipi forestali nell'altopiano di Pinè.

## SOMMARIO

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>FINALITÀ E VALENZA DELLA CARTA</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>ASPETTI NORMATIVI</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>LA GESTIONE DEL PROGETTO “CARTA DEI TIPI FORESTALI”</b>	<b>11</b>
4.1	Il ruolo di referente territoriale (Provincia)	12
4.2	Il ruolo di amministratore del sistema	12
4.3	Il ruolo degli utenti	13
<b>5</b>	<b>IL MODELLO DI ELABORAZIONE DELLA CARTA FORESTALE</b>	<b>14</b>
5.1	Il modulo di analisi	15
<b>5.2</b>	<b>La carta dei tipi ecologicamente coerenti</b>	<b>17</b>
5.2.1	Il modello di elaborazione	17
5.2.2	Ambiti territoriali di applicazione del modello	17
5.2.2.1	Il modello per l'area montana	18
5.2.2.2	Il modello per l'area di pianura e collinare	18
5.2.3	I parametri di input al modello	20
5.2.3.1	Altimetria	21
5.2.3.2	Udometria	22
5.2.3.3	Fertilità	22
5.2.3.4	Substrato	23
5.2.3.5	Regione forestale	24
5.2.3.6	Distretto geobotanico	24
5.2.3.7	Parametri pedologici	24
5.2.3.8	Distanza dalla rete idrografica	24
5.2.3.9	Esposizione e pendenza	25
5.2.3.10	Seralità	25
5.2.4	I pesi dei fattori	26
5.2.5	Il calcolo dell'indice di probabilità	26
5.2.6	Il processo di taratura	27
5.2.7	Chiave di lettura	27
5.2.8	Ipotesi d'uso	28
5.2.9	Risoluzione	28
<b>5.3</b>	<b>La carta dei tipi reali</b>	<b>30</b>
5.3.1	Il processo di integrazione dei dati	30
5.3.2	I dati di base utilizzati	31
5.3.2.1	La carta dell'uso del suolo (DUSAF)	31
5.3.2.2	La carta geoambientale	31
5.3.2.3	La cartografia assestamentale	32
5.3.2.4	Carta delle categorie e delle tipologie forestali	32
5.3.2.5	Carta degli habitat	32
5.3.3	Il fattore di rarità locale	33
5.3.4	Chiave di lettura	33
5.3.5	Risoluzione	33
<b>6</b>	<b>LA VALIDAZIONE DEGLI ELABORATI</b>	<b>34</b>

<b>6.1</b>	<b>Premessa</b>	<b>34</b>
<b>6.2</b>	<b>Stima dell'accuratezza</b>	<b>34</b>
6.2.1	Schema di campionamento	35
6.2.2	Protocollo di rilievo	35
6.2.3	Protocollo di valutazione	35
6.2.3.1	Aspetti legati alla localizzazione geografica	35
6.2.3.2	Aspetti legati al sistema di classificazione	36
<b>7</b>	<b>MODALITA' DI IMPIEGO DELLA CARTA</b>	<b>37</b>
<b>7.1</b>	<b>Impiego nella redazione dei Piani di Indirizzo Forestale</b>	<b>37</b>
<b>7.2</b>	<b>Altri usi</b>	<b>37</b>
<b>8</b>	<b>RISULTATI</b>	<b>39</b>
<b>8.1</b>	<b>LE CARTE DEI TIPI FORESTALI</b>	<b>39</b>
8.1.1	Caratteristiche degli elaborati prodotti	39
<b>8.2</b>	<b>LA BANCA DATI DELLA CARTOGRAFIA FORESTALE</b>	<b>43</b>
8.2.1	Cartografie di base	43
8.2.2	Cartografia geopedologica	43
8.2.3	Cartografia bioclimatica	43
8.2.4	Carte d'uso del suolo (livello 0)	44
8.2.4.1	La carta di destinazione d'uso dei suoli agricoli e forestali (DUSAF)	44
8.2.4.2	La carta d'uso del suolo ad indirizzo vegetazionale	45
8.2.5	Dati dei Piani di Assestamento Forestale	46
8.2.6	Cartografia vegetazionale	46
8.2.7	Carte dei tipi o delle categorie forestali	48
8.2.8	Altri dati sui tipi forestali (livello 3)	49
<b>8.3</b>	<b>ARCHIVIO REGIONALE DEI PUNTI DI CONTROLLO</b>	<b>50</b>
<b>8.4</b>	<b>CONTRIBUTO ALLA CONOSCENZA ECOLOGICA DEI TIPI FORESTALI LOMBARDI</b>	<b>50</b>
<b>9</b>	<b>CONCLUSIONI</b>	<b>51</b>
<b>9.1</b>	<b>Considerazioni di tipo tecnico – scientifico</b>	<b>51</b>
<b>9.2</b>	<b>Considerazioni di tipo metodologico-informatico</b>	<b>51</b>
<b>9.3</b>	<b>Considerazioni di tipo cartografico</b>	<b>52</b>
<b>10</b>	<b>SVILUPPI FUTURI</b>	<b>53</b>
<b>10.1</b>	<b>Le necessità di aggiornamento ed implementazione</b>	<b>53</b>
<b>10.2</b>	<b>Le applicazioni di ricerca</b>	<b>54</b>
<b>10.3</b>	<b>La formazione</b>	<b>55</b>
<b>11</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>56</b>
<b>12</b>	<b>ALLEGATO 1: IL METODO DI ELABORAZIONE DEI DATI DI COPERTURA ARBOREO – ARBUSTIVA DELLA CARTA GEOAMBIENTALE</b>	<b>57</b>

<b>13</b>	<b>ALLEGATO 2: LA PROCEDURA DI ELABORAZIONE DEI DATI DEI PIANI ECONOMICI</b>	<b>58</b>
<b>14</b>	<b>ALLEGATO 3: SPECIFICHE TECNICHE DI REDAZIONE DELLA CARTA DEI TIPI FORESTALI NEI PIANI DI INDIRIZZO FORESTALE</b>	<b>63</b>
14.1	Premessa	63
14.2	Nomenclatura dei tipi forestali	63
14.3	Informatizzazione dei dati	70
<b>15</b>	<b>ALLEGATO 4: LE SCHEDE DI SINTESI DEI RISULTATI</b>	<b>72</b>
15.1	Contenuto delle schede	72
15.2	Legenda	72
15.3	Il dato di accuratezza	74
15.3.1	La matrice di confusione	74

# 1 INTRODUZIONE

La **Carta regionale dei tipi forestali** si inserisce nel più ampio progetto carta forestale regionale e ed è coerente e di completamento al progetto "Tipologie forestali della Lombardia" costituendone all'oggi la fase più avanzata. La carta dei tipi si pone quindi come obiettivo principale la rappresentazione della distribuzione delle superfici boscate regionali adottando il nuovo sistema di classificazione (Del Favero, 2003).

La Carta si compone di due elaborati principali, la **carta dei tipi forestali ecologicamente coerenti**, ossia la vegetazione forestale che si ritiene possa esprimersi con maggior probabilità in funzione delle caratteristiche stazionali e in assenza di rilevanti condizionamenti antropici o comunque esogeni rispetto al "sistema foresta", e la **carta dei tipi forestali reali**, che costituisce invece una rappresentazione il più possibile fedele della distribuzione attuale dei tipi forestali.

La Carta regionale dei tipi forestali rappresenta inoltre un importante momento di riordino e di organizzazione nella gestione dell'intera cartografia forestale regionale. In altri termini il lavoro svolto ha permesso di raccogliere, ordinare e rendere consultabili in un unico archivio le cartografie forestali già completate, costruendo nel contempo un sistema in grado di recepire ed integrare tra loro, armonizzandoli, i lavori cartografici di dettaglio che verranno via via realizzati.

La considerazione che i rinnovati strumenti di pianificazione territoriale (Piani di Indirizzo Forestale e Piani di Assestamento Forestale) porteranno, nel giro di qualche anno, a disporre di una cartografia forestale su base tipologica per l'intero territorio lombardo, ha portato ad escludere un approccio basato unicamente sulla realizzazione di rilievi forestali tradizionali, perseguito invece da Regioni quali il Piemonte ed il Friuli - Venezia Giulia.

I seguenti motivi hanno invece orientato la scelta verso procedure basate su strumenti informatici e metodi di classificazione di tipo probabilistico:

- la crescente affermazione, anche in campo forestale, dell'impiego di sistemi per il trattamento delle informazioni territoriali (GIS),
- la tendenza allo sviluppo di sistemi di classificazione semi - automatizzati,
- la necessità di realizzare un archivio continuamente migliorabile,
- l'esigenza di disporre di uno strumento in grado di consentire interpretazioni dinamiche dei fenomeni analizzati

Come verrà meglio sottolineato in seguito, tale scelta non

esclude la necessità dei rilievi di campo, che costituiscono sempre il necessario riscontro con la realtà e che quindi costituiscono una componente fondamentale del processo di elaborazione della carta.

## 2 FINALITÀ E VALENZA DELLA CARTA

La carta dei tipi forestali costituisce il passaggio fondamentale e necessario per la redazione della **carta forestale regionale** così come prevista all'art 7 della Legge Regionale n° 27 del 28.10.2004 "Tutela e valorizzazione delle superfici, del paesaggio e dell'economia forestale" ed in conformità con i contenuti della D.G.R. n° 13899 del 1 agosto 2003.

La carta dei tipi è stata pertanto concepita come uno strumento conoscitivo e statistico di carattere generale, le cui valutazioni si sono basate sull'insieme delle conoscenze e sulle informazioni ad oggi esistenti, ed in corso di sviluppo in regione. L'elaborato di sintesi fortemente basato su metodologie informatiche, è per sua natura dinamico e quindi in grado di recepire nuove informazioni e di trattarle e rielaborarle in un processo di continuo aggiornamento.

La metodologia adottata ha infatti permesso di ottenere un prodotto dinamico in grado di acquisire nuove informazioni, cartografia di maggior dettaglio, dati inventariali ecc., che si renderanno progressivamente disponibili rispondendo così anche alle esigenze regionali, manifestate all'art 7 della stessa Legge Regionale n° 27 del 28.10.2004, di creare il **sistema informativo forestale**

E' quindi evidente che la Carta Forestale Regionale, essendo un sistema continuamente implementabile, rappresenta solo una tappa intermedia di un percorso che, in tempi successivi e in base alle diverse esigenze, potrà essere approfondito tramite l'inserimento di ulteriori informazioni.

La cartografia prodotta è comunque da subito consultabile e permette in primo luogo di ottenere informazioni sulla consistenza e sulla qualità del patrimonio forestale regionale supportando la Regione Lombardia nelle fasi decisionali e nella pianificazione di area vasta. In secondo luogo la carta dei tipi regionale permette da subito il **coinvolgimento delle Province** come referenti qualificati a gestire lo strumento a livello territoriale.

La carta regionale dei tipi forestali ad oggi predisposta si compone di due elaborati finali e di più prodotti intermedi. Gli elaborati finali sono:

1. la **carta dei tipi forestali ecologicamente coerenti** (realizzata su base modellistica a partire dai parametri ecologici)
2. la **carta dei tipi forestali reali** (ancora su base modellistica, ma integrata dalla analisi ponderata delle cartografie già esistenti)

In sintesi il progetto regionale Carta dei tipi forestali costituisce:

1. il fondamento in chiave tipologica della Carta Forestale Regionale e coincide con il primo livello informativo della stessa;
2. la base per la creazione del Sistema Informativo Forestale regionale all'interno del quale dovranno confluire tutti i dati necessari alla stesura della Carta Forestale Regionale;
3. un documento statistico-conoscitivo di carattere generale, a servizio della DG Agricoltura per indagini, studi e ricerche sul patrimonio forestale regionale;
4. uno strumento a servizio degli enti delegati e degli operatori di settore che tramite le Province potranno usufruire delle banche dati e delle informazioni connesse al progetto;
5. uno strumento di indirizzo e di supporto per la pianificazione di vasta area, per l'individuazione di priorità di intervento, per lo sviluppo di piani e programmi a livello regionale e provinciale;
6. un'opportunità di confronto tra Regione, professionisti, amministratori e tecnici locali sulle tematiche di settore;
7. lo strato informativo di riferimento circa la componente forestale (boschi) all'interno del SIT regionale.

### 3 ASPETTI NORMATIVI

Con l'assetto istituzionale delineato dalla L.R. 11/98, la **Regione**, oltre alla funzione legislativa, mantiene molteplici compiti tra cui lo sviluppo delle linee guida ed coordinamento dell'attività svolta dagli enti delegati, il monitoraggio a fini programmatori delle risorse silvo-pastorali, la raccolta e diffusione delle statistiche forestali.

Successivamente con la pubblicazione delle Linee Guida di Politica Forestale Regionale (**DGR n 7/5410 del 6/2001**), la Regione Lombardia ha intrapreso un'azione specifica di programmazione di settore, fondamentale per lo sviluppo del sistema forestale lombardo, ma anche per l'inserimento di alcuni elementi nuovi che caratterizzano e condizionano l'impostazione dell'intervento pubblico. Tra le altre cose le linee guida ribadiscono la necessità di perseguire una serie di politiche di **tutela e sviluppo delle risorse forestali quali risorse ambientali**, definite nel contesto internazionale e comunitario (vedi Principi forestali UNCED e cap. 11 di Agenda 21, la Convenzione Quadro per i Cambiamenti Climatici, la Convenzione per la Difesa della Biodiversità, le Risoluzioni per

Processo PanEuropeo per la Protezione delle Foreste, la Strategia forestale dell'UE, le nuove misure forestali di Agenda 2000, il Protocollo Foreste della Convenzione per la Protezione delle Alpi, ecc.).

In questo contesto di profonda innovazione la Legge Forestale Regionale n° 27 del 28.10.2004, che sostituisce la LR 8/1976 e la LR 80/1989, introduce al capo III il concetto di **carta forestale regionale**.

CAPO III  
INVENTARIO E CARTA FORESTALE REGIONALE, PROGRAMMAZIONE E  
PIANIFICAZIONE

**Art. 7**

**(Inventario, carta forestale regionale e sistema informativo silvo-  
pastorale)**

1. La Regione effettua, attraverso l'inventario forestale regionale, l'analisi e il monitoraggio dello stato, della consistenza e delle funzioni del patrimonio forestale lombardo e redige, in base ai dati rilevati, la carta forestale regionale. L'aggiornamento dell'inventario forestale regionale e della carta forestale regionale avviene con periodicità decennale.

2. La Regione realizza il sistema informativo forestale, coordinato con il sistema informativo territoriale, che comprende gli strumenti conoscitivi di cui al comma 1, il catasto delle aree percorse dal fuoco, il catasto dei piani forestali ed il catasto degli alpeggi; in esso confluiscono i dati e le informazioni di interesse regionale a fini programmatici delle risorse forestali, silvo-pastorali e delle sistemazioni idraulico-forestali.

.....

Tale strumento di fondamentale importanza per la conoscenza e lo sviluppo del settore trova nella carta dei tipi forestali il primo passaggio costitutivo, nonché l'impostazione metodologica. Con D.G.R. n° 13899 del 1 agosto 2003 "criteri tecnico amministrativi per la redazione dei piani di indirizzo forestale" la Regione Lombardia riconosce infatti come la carta dei tipi costituisca la base del più ampio progetto carta forestale regionale di cui all'art. 7 della Legge Forestale Regionale n° 27 del 28.10.2004:

**Analisi: individuazione e descrizione delle tipologie forestali**

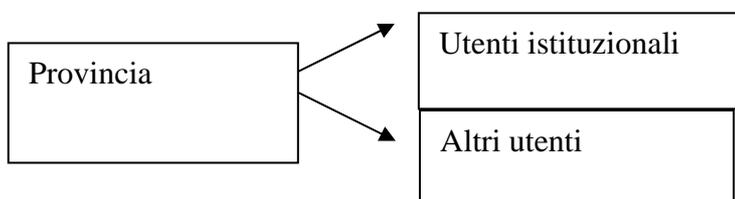
Si premette che l'Ente Regionale per i Servizi all'Agricoltura e alle Foreste (di seguito E.R.S.A.F.), su incarico della D.G. Agricoltura, sta lavorando alla redazione della carta forestale regionale, basata sulle tipologie forestali. Pertanto, i tecnici pianificatori dovranno attenersi ed adeguarsi, nell'elaborare la carta delle tipologie forestali, alle norme tecniche di redazione, ai livelli di dettaglio e tolleranza, alla scala e alle modalità operative previste per la carta forestale regionale.

## 4 LA GESTIONE DEL PROGETTO “CARTA DEI TIPI FORESTALI”

In ragione della sua complessità il progetto carta dei tipi forestali necessita di un'attenta definizione di ruoli e competenze al fine di garantire la continuità del programma e la migliore gestione delle informazioni in esso contenute.

La gestione informatizzata dei dati territoriali e la presenza di un modello interpretativo necessitano infatti di una qualificata ed accurata gestione del sistema centrale su base regionale. Allo stesso tempo, essendo necessario favorire l'integrazione della carta forestale regionale con le aspettative dell'utente finale e con il rispetto dei ruoli istituzionali dei diversi enti delegati in materia forestale, si rende necessario decentrare la gestione del progetto su base provinciale. Infine, si dovranno prevedere una serie di servizi da attivare a favore dei diversi utenti finali.

In base a quanto sopra premesso il funzionamento a regime della carta dei tipi forestali prevede che la gestione delle informazioni ed i rapporti con gli utenti sia di livello provinciale. In altri termini gli utenti istituzionali (Comunità Montane, Amministrazioni Comunali, Consorzi di Bonifica, Bacini Imbriferi, ecc.) e non istituzionali (Consorzi forestali, liberi professionisti) dovranno relazionarsi con la provincia di competenza per l'acquisizione e la gestione dei dati territoriali di tipo forestale.



Questo percorso punta ad elevare e qualificare il ruolo delle province nell'ambito dell'esercizio delle competenze in materia forestale e potrà essere attuato con un impegnativo accompagnamento da parte del livello regionale, che attraverso ERSAF provvederà al coordinamento ed aggiornamento del sistema centrale per conto della D.G. Agricoltura.

## 4.1 Il ruolo di referente territoriale (Provincia)

La gestione del progetto carta forestale regionale prevede quindi un forte ruolo delle province nella gestione ed implementazione del dato territoriale.

Sarà compito dell'ente provincia fornire i seguenti servizi all'utente:

1. predisposizione ed illustrazione su base comprensoriale degli elaborati cartografici connessi con il progetto carta forestale regionale;
2. acquisire, secondo gli standard regionali, la nuova cartografia prodotta e verificarne la congruità con la carta dei tipi forestali;
3. produrre, utilizzando l'ultima release del modello e del software predisposto per il calcolo, versioni successive della carta forestale con periodicità da definire (una ogni 6/12 mesi) integrando nel sistema nuovi dati ufficiali relativi a rilevamenti e/o documenti pianificatori tematici;
4. garantire assistenza tecnica agli utenti finali;
5. partecipare alla messa a punto di strati informativi derivati di tipo applicativo;

## 4.2 Il ruolo di amministratore del sistema

Il decentramento a livello provinciale della gestione del progetto carta forestale regionale necessita di un forte ed efficiente ruolo dell'amministratore del sistema che dovrà garantire quanto segue:

- Formazione (punto sviluppato nel paragrafo 4), accompagnamento ed assistenza tecnica alle province nella gestione del progetto carta forestale regionale e nell'aggiornamento degli output cartografici;
- verifica del rispetto dei protocolli adottati per l'implementazione della banca dati forestale da parte delle province;
- ricomposizione del dato su base regionale;
- implementazione della carta forestale regionale mediante acquisizione del dato inventariale. Il dato inventariale dovrebbe pervenire dall'elaborazione e dalla analisi geostatistica dai dati assestamentali e dei rilievi speditivi realizzati nell'ambito dei PIF e/o di altri studi ed indagini;
- ricerca e sviluppo (punto sviluppato nel paragrafo 3): implementazione del modello per il calcolo delle tipologie forestali, integrazione e/o approfondimento di nuovi

parametri ecologici (es. fertilità, clima, ...), messa a punto di strati informativi derivati di tipo applicativo (es. su biodiversità, problematiche fitosanitarie, incendi, ...) in accordo con le esigenze della DGA e delle Province;

- predisposizione, a partire da ciascuna versione della cartografia delle tipologie forestali, di un dato semplificato (categorie?) e riaggregato. Anche questo strato informativo derivato sarà pubblicato dal SIT regionale sul portale cartografico per venire incontro alle esigenze dell'utenza generica non esperta;

### **4.3 Il ruolo degli utenti**

Gli utenti intesi come enti delegati in materia forestale, istituti scolastici superiori ed universitari, studi professionali singoli ed associati, potranno disporre dell'ultima versione del dato cartografico ed alfanumerico derivante dalla carta dei tipi regionale. Tale percorso dovrebbe in un prossimo futuro portare alla diretta reperibilità tramite il portale cartografico regionale ([www.cartografia.regione.lombardia.it](http://www.cartografia.regione.lombardia.it)).

Gli utenti stessi dovranno attenersi ai protocolli ed alle prescrizioni impartite su base regionale nella utilizzazione della cartografia e nella compilazione di banche dati forestali atte a migliorare gli output del modello e le versioni successive del dato.

## 5 IL MODELLO DI ELABORAZIONE DELLA CARTA FORESTALE

Una dettagliata illustrazione della metodologia di redazione è contenuta nella relazione del 30.09.2004 relativa alla prima annualità ed alla quale si rimanda per quanto attiene l'approccio adottato, le fasi del lavoro, la descrizione del modello di analisi e gli ambiti territoriali di applicazione del modello, nonché la analisi e validazione dei risultati. Di seguito vengono schematicamente ripresi alcuni elementi riepilogativi.

Il processo per la realizzazione della cartografia si basa sull'analisi di parametri ecologico - territoriali e sull'integrazione di tutte le fonti informative forestali attualmente disponibili:

- dati dei piani di assestamento e di indirizzo forestale,
- altra cartografia forestale già esistente,
- rilievi effettuati durante la classificazione dei tipi forestali regionali,
- carte d'uso del suolo,
- carte vegetazionali,
- ortofoto,
- rilievi condotti ad hoc nell'ambito del progetto

Il metodo integra, pertanto:

- un insieme di conoscenze ecologico - territoriali legate ai tipi forestali (ruolo degli esperti di zona e degli esperti in tipologia forestale);
- un insieme di dati territoriali gestiti su base GIS;
- un modello di previsione dei tipi forestali basato su tali conoscenze e sui dati di base ("sistema esperto");
- metodologie tradizionali di rilievo.

Le fasi di lavoro sono state le seguenti:

1. Raccolta dati: recupero e riordino di cartografia esistente ed acquisizione della stessa in ambiente GIS;
2. Definizione del sistema di classificazione dei tipi forestali e sviluppo del modello di analisi basato sulla conoscenza (sistema esperto);
3. Applicazione del modello in una fase pilota e una fase operativa;
4. Confronto dei risultati con esperti di zona e validazione mediante rilievi di campo, analisi dell'accuratezza e collaudo finale

Lo sviluppo del modello di analisi è stato impostato per individuare e cartografare i tipi forestali secondo due passaggi successivi:

- A partire dal sistema di classificazione dei tipi forestali adottato si deriva, mediante modello di analisi, il più probabile **TIPO FORESTALE ECOLOGICAMENTE COERENTE**
- Successivamente dal confronto con ulteriori informazioni (es. uso del suolo, cartografia geoambientale, dati assestamentali, rilievi di campagna, integrazioni da parte di esperti di zona, ecc.) si individua il più probabile: **TIPO FORESTALE REALE**

## 5.1 Il modulo di analisi

Per l'implementazione del modello di previsione dei tipi forestali si è optato per analisi di dati in struttura matriciale, modalità spesso adottata dai sistemi GIS per analizzare dati complessi.

Date le peculiarità e la complessità del processo elaborativo si è reso necessario sviluppare del software ad hoc: il cuore del modello di elaborazione è costituito dal programma **FORSTIP**, scritto in linguaggio Fortran per la facilità nel gestire il calcolo matriciale e la rapidità nell'apportare modifiche. Le matrici di input ed output al modello sono inoltre in un formato standard compatibile con i normali sistemi GIS.

L'architettura finale del programma è frutto di un lungo processo di *feed back* tra programmatore, esperti forestali e operatori GIS. Le circa 3000 righe di istruzioni di FORSTIP possono dare un'idea della sua complessità. Un'interfaccia grafica ne agevola l'applicazione.



**Figura 1 - La maschera di accesso al software Forstip**

**Figura 2 - Esempio di maschera di inserimento dati**

## 5.2 La carta dei tipi ecologicamente coerenti

La carta dei tipi ecologicamente coerenti rappresenta la vegetazione forestale che si ritiene possa esprimersi con maggior probabilità in funzione delle caratteristiche stazionali e in assenza di rilevanti condizionamenti antropici o comunque esogeni rispetto al "sistema foresta". Si tratta in altri termini di una rappresentazione della potenzialità, non classicamente intesa come climax zonale (massima evoluzione possibile nel lunghissimo termine, indipendentemente da fattori locali micro-stazionali), ma come effettivo riferimento locale delle dinamiche evolutive nel medio periodo. La carta dei tipi ecologicamente coerenti è quindi uno strumento interpretativo che contribuisce a valutare naturalità, stabilità e potenzialità evolutive di un popolamento forestale.

Operativamente la carta deriva dal "tipo plausibile" che meglio incontra il complesso delle caratteristiche stazionali di un dato luogo (ovvero che assume in quel luogo la massima probabilità di espressione intesa come somma delle probabilità parziali calcolate per i singoli fattori), escludendo dal novero dei tipi plausibili quelli evidentemente antropogeni, o secondari, o di ricolonizzazione di spazi aperti (ovvero quelli che in un'ideale serie evolutiva occuperebbero le posizioni meno evolute).

### 5.2.1 Il modello di elaborazione

Secondo un approccio comunemente applicato nell'analisi multicriteriale (Eastman, 1993), la probabilità di esistenza di un dato tipo forestale viene calcolata tramite la sommatoria dei punteggi assegnati alle principali componenti ambientali che determinano le caratteristiche e la distribuzione della vegetazione, moltiplicati per i rispettivi pesi (combinazione lineare pesata).

Il valore del punteggio relativo a ciascuna variabile ambientale è stato calcolato per ogni pixel e per ogni tipo forestale mediante una "funzione di appartenenza" tipo - variabile ambientale. Tale formulazione generalmente espressa come:

$$\mu(x) = f(x_i)$$

deriva della logica degli insiemi sfocati (*fuzzy logic*) (Zimmermann, 1987) e può assumere valori compresi tra 0 (nessuna appartenenza della variabile alla funzione) ed 1 (appartenenza massima)

### 5.2.2 Ambiti territoriali di applicazione del modello

I parametri stazionali considerati variano a seconda che l'area

di indagine ricada in ambito collinare - montano o in ambito di pianura. Le due zone infatti presentano forti

differenze sia in termini di caratteri morfologici sia di disponibilità di dati.

Sono quindi stati predisposti due modelli, il primo per l'ambito collinare e montano (ricadente in prevalenza nei territori amministrativi delle Comunità Montane), il secondo per le aree esterne a tale ambito. Esiste infine una zona, individuabile con la regione forestale avanalpica, in cui i due modelli si sovrappongono e si integrano.

### **5.2.2.1 Il modello per l'area montana**

Nell'ambito collinare e montano la morfologia gioca un ruolo determinante nel determinare le condizioni stazionali e di conseguenza lo sviluppo della vegetazione forestale.

Pertanto le informazioni più significative per la modellizzazione sono quelle tratte dal modello digitale del terreno (quota, esposizione, pendenza, indice di udometria) nonché quelle relative ai gruppi di substrato.

### **5.2.2.2 Il modello per l'area di pianura e collinare**

Nella pianura lombarda le superfici forestali sono concentrate nell'area del pianalto occidentale e lungo le valli fluviali, in genere comprese all'interno di parchi regionali. Si tratta sempre di formazioni estremamente alterate dall'azione antropica.

La predisposizione di modelli per il territorio di pianura impone l'utilizzo di parametri sostanzialmente differenti rispetto al territorio montano.

Le informazioni fornite dal modello digitale del terreno e dal modello impiegato per la stima dell'udometria, nonché quelle relative ai gruppi di substrato, sono scarsamente significative per la comprensione delle caratteristiche stazionali; tuttavia è risultato utile mantenere attivi tali parametri per la zona avanalpica, seppur con minor peso rispetto a quella montana.

La differenziazione delle cenosi forestali, per quanto attiene alle loro espressioni ecologicamente coerenti, è invece qui conseguente soprattutto all'assetto geomorfologico, e, subordinatamente, alle condizioni pedologiche ed alla disponibilità della risorsa idrica, e porta comunque alla definizione di un numero di unità tipologiche molto più limitato di quanto si riscontra nel territorio montano.

L'area delle cerchie moreniche e dei terrazzi fluvio glaciali più antichi, che caratterizza la regione forestale del pianalto, esprime unità tipologiche che si collocano nella serie evolutiva che conduce

prevalentemente ai querceti di pianalto e delle cerchie moreniche.

Le altre unità ecologicamente coerenti presenti nel pianalto si differenziano per la loro collocazione geografica (querco-carpineto dell'alta pianura e querco-carpineto della bassa pianura), per il legame con particolari tipi di suolo (querceti dei greti ciottolosi) o con stazioni peculiari per morfologia e condizioni edafiche (querceti dei dossi sabbiosi), o ancora per la disponibilità di risorsa idrica (alneti e querceti con olmo).

Se la compartimentazione per regioni forestali consente di discriminare fra i quercio-carpineti, le informazioni relative a morfologia, suolo e disponibilità idrica potrebbero permettere la definizione delle altre unità tipologiche.

Si tratta di dati che vengono espressi dalla carta dei pedopaesaggi di ERSAF, che copre l'intero territorio della pianura lombarda, sulla base però di informazioni raccolte con una griglia di campionamento molto ampia, che risulta inadeguata per descrivere i tipi legati a condizioni stazionali che si presentano su superfici di piccola dimensione.

Pertanto negli ambiti prossimi alle valli fluviali, dove maggiore è l'articolazione dei substrati ed insufficiente la sua rappresentazione nella carta pedologica, si dovrà ricorrere, nell'edizione per gli utenti, alla definizione dei tipi ecologicamente coerenti, alla creazione di unità "mosaico", specificando le condizioni ambientali che caratterizzano i diversi tipi.

Per quanto riguarda la disponibilità di informazioni circa la vegetazione forestale reale, si osserva che tutto il territorio è coperto dalla cartografia del progetto DUSAF, il cui dettaglio è però insufficiente per gli obiettivi di questo lavoro, mentre le aree protette sono in genere descritte da specifici studi.

Recentemente è iniziata la realizzazione di cartografie dei tipi forestali nell'ambito dei Piani di Indirizzo Forestale .

Si può peraltro ritenere che, quando nel volgere di pochi anni saranno state realizzate le cartografie per i Piani di Indirizzo Forestale della pianura, si realizzerà una situazione sostanzialmente molto differente da quanto si riscontra per il territorio montano e collinare.

Nelle aree montane il modello consente di riconoscere, o perlomeno di segnalare, situazioni ambientali particolari, e quindi le vegetazioni ad esse conseguenti. La carta dei tipi ecologicamente coerenti può quindi essere utilmente impiegata per l'interpretazione della vegetazione reale.

In pianura, ad eccezione che per il pianalto, la realizzazione della carta dei tipi ecologicamente coerenti potrebbe invece rivelarsi più problematica nel rappresentare le effettive diversità delle cenosi forestali nelle loro forme potenziali.

### 5.2.3 I parametri di input al modello

Parametri ambientali	ambiti territoriali		
	zona montana	avanalpico	zona di pianura
Altimetria	X	X	
Udometria	X	X	
Esposizione e Pendenza	X	X	
Substrato litologico	X	X	
Regione forestale	X	X	X
Distretto geobotanico	X	X	X
<i>Fertilità</i>	<i>parametro attualmente non attivo</i>		
Pedopaesaggio		X	X
Profondità del suolo		X	X
Drenaggio		X	X
Inondabilità		X	X
Distanza dalla rete idrografica		X	X

**Tabella 1 – I parametri stazionali**

Tutti questi fattori sono stati pertanto cartografati e, per ogni tipo forestale, sono stati definiti valori o intervalli caratteristici per ciascuno dei parametri ecologici sopra elencati espressi secondo una scala direttamente correlata con la probabilità di esistenza di ciascun tipo forestale:

Valore	Significato	Funzione di appartenenza
1	Probabilità di esistenza molto elevata	1.00
2	Probabilità di esistenza elevata	0.75
3	Probabilità di esistenza media	0.50
4	Probabilità di esistenza bassa	0.25
5	Probabilità di esistenza nulla	0

**Tabella 2 -**

Per i parametri espressi su una scala qualitativa (substrati, regioni forestali, distretti geobotanici,...) ad ogni categoria è stato associato il valore caratteristico di ogni tipo forestale che esprime la funzione di appartenenza.

Per quanto riguarda invece i parametri espressi su una scala quantitativa (altimetria, udometria) gli intervalli caratteristici comprendono un campo d'esistenza e all'interno di questo un campo ottimale, originando (in un diagramma con X=valore e Y=probabilità) curve a trapezio con altezza (Y) compresa tra 0 e 1 e definite da 4 punti caratteristici (0=inizio campo d'esistenza; 1=inizio campo ottimale; 1=fine campo ottimale; 0=fine campo d'esistenza).

I valori dei parametri sono quindi letti per ogni cella di 50x50m in matrici relative a ciascun parametro.

Per ogni cella e per ogni parametro si calcola quindi l'appartenenza di ogni tipo forestale in base al confronto tra valori di cella e valori caratteristici del tipo.

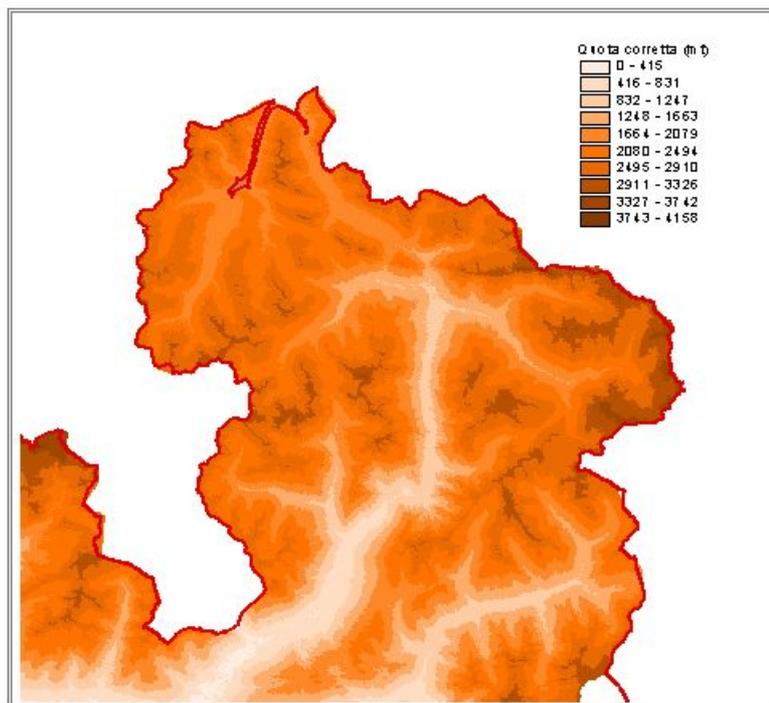
Ne deriva un elenco di tipi plausibili per ogni cella (a partire da quelli che meglio soddisfano le esigenze per areale, substrato, altitudine, pendenza, esposizione e udiometria; il campo fertilità come già premesso non è al momento attivo).

Si procede poi alla somma ponderata dei valori relativi ai vari parametri, ottenendo un valore di probabilità per i tipi plausibili.

Si è infine introdotto un parametro di serialità, intesa come stabilità ecologica di un tipo forestale, al fine di eliminare i tipi secondari (es. castagneti, lariceto in successione, robinieti ...) dalla carta dei tipi ecologicamente coerenti.

### 5.2.3.1 Altimetria

Le quote altimetriche, tratte dal Modello Digitale del Terreno (DTM) della Regione Lombardia con risoluzione 20x20 m, sono state corrette tramite un'apposita elaborazione basata su esposizione e pendenza, in modo da tener conto del reale andamento delle fasce di vegetazione (es. innalzamento dei limiti nelle esposizioni sud, abbassamento nei versanti nord).



**Figura 3 - Carta della quota corretta: particolare dell'Alta Valtellina**

### 5.2.3.2 Udometria

Si tratta di un indice di risorsa idrico - edafica (non atmosferica), la cui stima si basa sulla morfologia stazionale, ossia sul DTM (modello digitale del terreno) da cui derivano varie attribuzioni correlate con l'umidità stazionale: concavità/convessità, pendenza, assolazione, dimensione del bacino a monte del punto considerato, ecc.

In particolare l'elaborazione per il calcolo dell'udometria è stata effettuata tramite una procedura sviluppata dalla Provincia Autonoma di Trento (per ulteriori chiarimenti metodologici si rimanda a Sottovia et al., 2002).

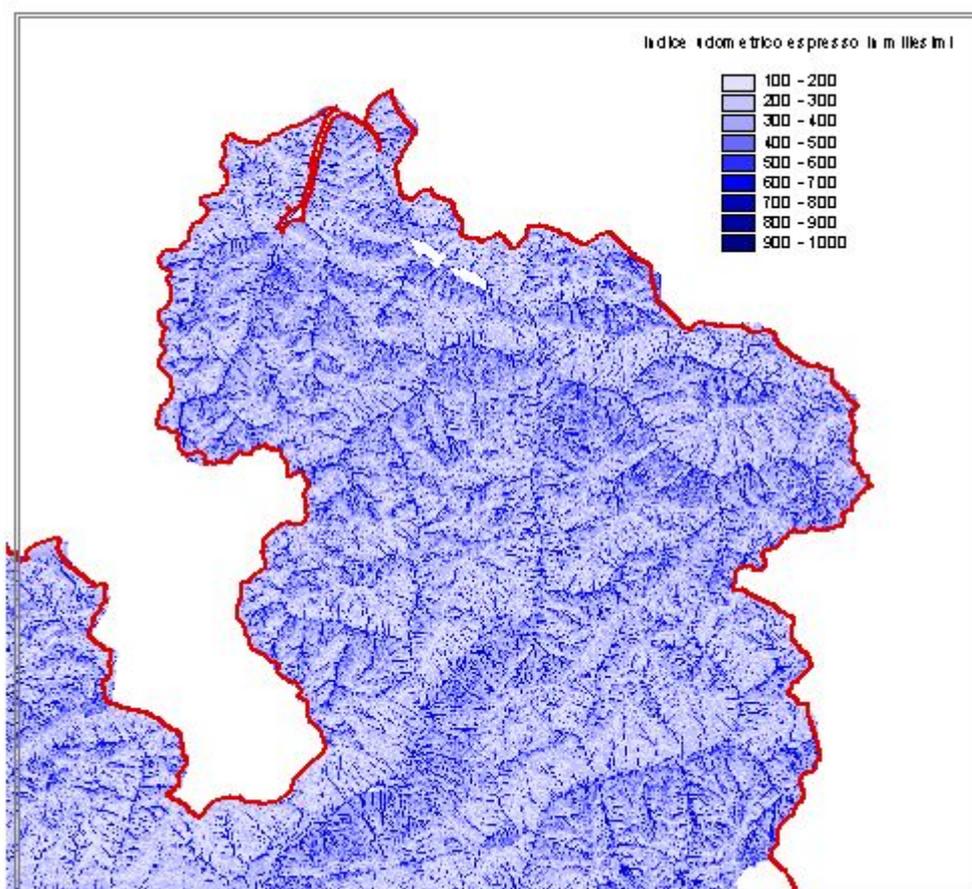


Figura 4 - Carta dell'udometria: particolare dell'Alta Valtellina

### 5.2.3.3 Fertilità

Questo parametro al momento non è attivato; nelle intenzioni il dato della fertilità deriverà dall'unione di due componenti: una fertilità stazionale (stimata a livello di cella) ed una derivante da informazioni geo-pedologiche (a livello di particella omogenea).

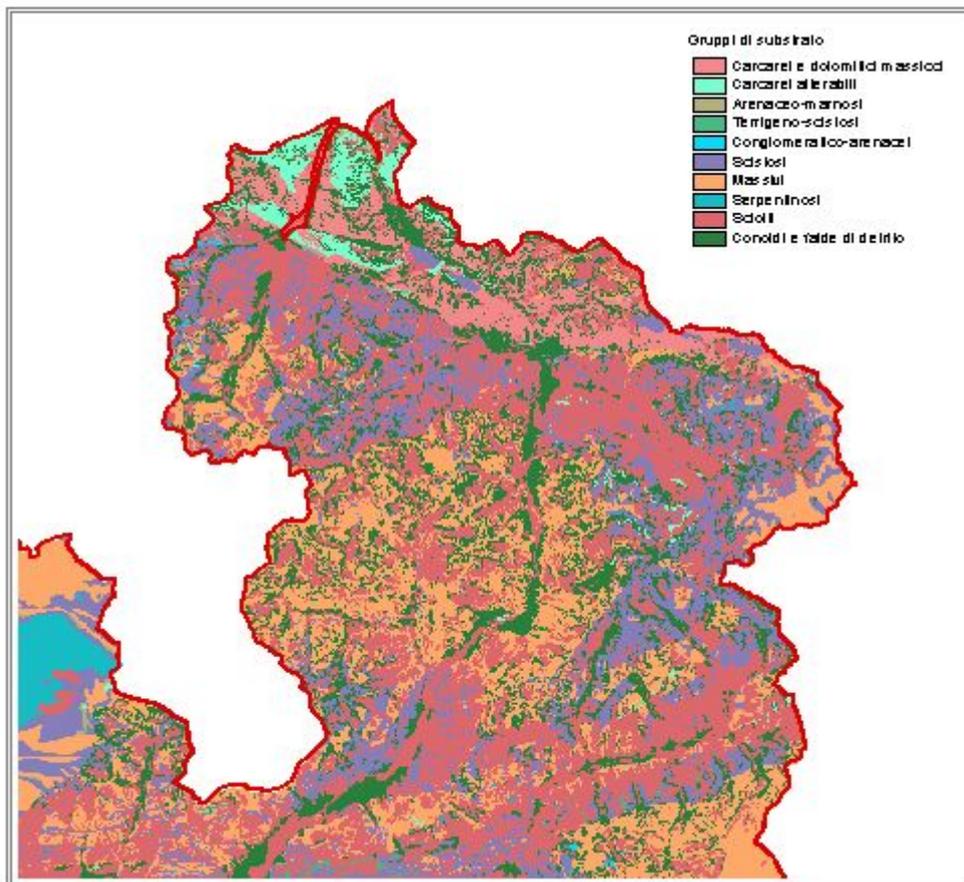
### 5.2.3.4 Substrato

Il substrato è ottenuto dall'unione di diversi strati della Carta geoambientale della Regione Lombardia (accumuli di frana, conoidi di deiezione, depositi detritici orientati, depositi superficiali, substrati lapidei) le cui unità sono state riclassificate secondo le necessità dell'operatore forestale. Le singole sigle della carta geoambientale hanno quindi trovato un loro equivalente in uno dei 9 "gruppi di substrato" utilizzati nel sistema di classificazione tipologico (Del Favero et al., 2001), ai quali è stato aggiunto il gruppo "conoidi e falde di detrito".

Per le aree non coperte dalla carta geoambientale (regione avanalpica, Oltrepò Pavese, Val Malenco, Valli Luinesi e Lario Intelvese) è stata utilizzata la carta geologica regionale in scala 1:250.000, opportunamente riclassificata.

Dall'elaborazione si ottiene sia l'input *gruppi di substrato* sia la *litologia* che distingue tra aree a matrice carbonatica, aree a matrice silicativa e aree a matrice sciolta.

Per quanto riguarda quest'ultima occorre precisare che, laddove lo sciolto si trovi su pendenze maggiori di 17°, esso è stato assegnato alla matrice litologica (silicatica o carbonatica) sulla base della carta geologica regionale 1:250.000. Tale accorgimento si è reso necessario per rendere più efficace la discriminante litologica nelle aree montane.



### **5.2.3.5 Regione forestale**

La carta delle regioni forestali utilizzata è quella realizzata nel progetto Tipologie forestali della Lombardia, alla scala 1:250.000. Alcuni limiti tra le regioni, su indicazione degli esperti di zona, sono stati modificati: si tratta dell'alta Valsassina, Vezza d'Oglio in Val Camonica e Monte Maddalena a N di Brescia.

### **5.2.3.6 Distretto geobotanico**

I distretti geobotanici sono stati ottenuti dall'integrazione tra la carta dei distretti geobotanici realizzata nel progetto Tipologie forestali della Lombardia, alla scala 1:250.000 e i distretti geopedologici della carta dei pedopaesaggi della Lombardia. In questo modo la risoluzione dei limiti tra i distretti è stata migliorata.

### **5.2.3.7 Parametri pedologici**

A partire dalla carta pedologica in scala 1:50.000 (ERSAF) sono stati derivati i seguenti parametri:

- *pedopaesaggi*, riassumono le componenti fisiche dell'ecosistema nonché i fattori e i processi che hanno controllato la formazione dei suoli in una determinata area.
- *Profondità del suolo*, porzione di suolo superficiale che consente lo sviluppo organico e funzionale delle radici (delle specie agricole).
- *Drenaggio*, rapidità con cui l'acqua non trattenuta viene rimossa dal suolo per percolazione o scorrimento.
- *Inondabilità*, intesa come frequenza dell'evento e sua durata.

### **5.2.3.8 Distanza dalla rete idrografica**

E' stata realizzata una carta delle distanze dal reticolo idrografico principale. Le classi di distanza sono molto ridotte nello spazio (0m-25m, 25m-75, 75m-125m, oltre i 125m) ma consentono di individuare le tipologie riparali e penalizzare le tipologie a cui necessitano condizioni pedologiche stabili.

### **5.2.3.9 Esposizione e pendenza**

I dati di esposizione e pendenza derivano dal DTM. I valori sono calcolati in base alla differenza di valore di quota tra la cella in esame e le celle adiacenti.

### **5.2.3.10 Seralità**

Per seralità si intende la stabilità ecologica di un tipo forestale, ossia la sua più o meno spinta propensione ad evolvere verso altri tipi in relazione anche alla presenza di disturbi.

I valori di seralità sono stati ulteriormente corretti in base alle indicazioni degli esperti di zona, sulla base delle aspettative di potenzialità locale del tipo forestale.

## 5.2.4 I pesi dei fattori

Ogni fattore pesa (o può pesare) in modo diverso sul calcolo della probabilità di presenza delle tipologie. Questi pesi hanno un valore impostabile a scelta dell'utente ma si consiglia di mantenere per quanto possibile i valori di default, ad eccezione dei fattori pendenza ed esposizione che in alcune località hanno un ruolo più determinante per la localizzazione di alcuni tipi forestali, ad esempio gli acero-frassineti a N nella regione esalpica.

Ad un peso può essere assegnato un valore continuo, compreso tra 0 e 1

La *litologia* non agisce, come gli altri fattori, con il sistema della somma ponderata, bensì discernendo i tipi forestali silicicoli, calcicoli e di substrato sciolto secondo una logica vero-falso.

L'esperienza acquisita durante le fasi di elaborazione delle carte ha consolidato i valori di peso dei fattori, di seguito riportati.

Parametro stazionale	Ambiti territoriali		
	Montagna	avanalpic o	Pianura
Quota	1	0.7	0
Udometria	0.7	0.7	0
Pendenza	0.5	0.5	0
Esposizione	0.5	0.5	0
Gruppi di substrato	1	0.7	0
Regione forestale	1	1	1
Distretto geobotanico	0.7	0.7	0.7
Pedopaesaggi	0	1	1
Profondità del suolo	0	0.5	0.5
Drenaggio	0	0.5	0.5
Inondabilità	0	0.7	0.7
Distanza dalla rete idrografica	0	1	1

**Tabella 3 – Pesi dei parametri**

## 5.2.5 Il calcolo dell'indice di probabilità

Per ogni cella 50 x 50m dell'area indagata si realizza una classifica di probabilità di presenza di tutte le 194 tipologie forestali considerate dal sistema. Innanzitutto il sistema procede al confronto tra il valore dei fattori osservato nella cella e i valori degli intervalli dei parametri:

- se il valore osservato cade al di fuori dell'intervallo di anche uno solo dei fattori, quella tipologia avrà valore di probabilità ecologica totale uguale a zero.
- se il valore osservato cade nel campo ottimale, il valore di probabilità assegnata sarà 1
- infine, se il valore osservato cade nelle code del campo di esistenza, verrà attribuito un valore di probabilità

variabile tra 0 e 1 calcolato per interpolazione lineare tra gli estremi

I valori di probabilità calcolati sono moltiplicati per i pesi ed entrano nella somma ponderata:

$$P_{tot} = [(P_{ele} * W_{ele} + P_{udo} * W_{udo} + P_{fer} * W_{fer} + P_{sub} * W_{sub} + P_{rfo} * W_{rfo} + P_{ped} * W_{ped} + P_{ps} * W_{ps} + P_{in} * W_{in} + P_{dre} * W_{dre} + P_{ri} * W_{ri}) / (C_{pot})] * C_{uso} * C_{slo} * C_{asp}$$

dove

$P_{tot}$  = probabilità totale

$P_{iii}$  = probabilità relativa al singolo fattore ambientale

$W_{iii}$  = peso relativo al singolo fattore ambientale

$C_{pot}$  = coefficiente di potenzialità del tipo

$C_{slo}$  = coefficiente di pendenza %,

$C_{asp}$  = coefficiente di esposizione %,

Ricordiamo che tutto ciò si ripete per ognuna delle 194 tipologie forestali su ognuna delle celle considerate.

### **5.2.6 Il processo di taratura**

I risultati del modello vengono sottoposti ad un processo di validazione che si traduce poi in indicazioni per la taratura a due livelli:

- una taratura "grossolana", di primo livello, sulla base delle conoscenze pregresse (punti di controllo, transetti e cartografie prodotte nella prima fase del progetto Tipologie forestali)
- una taratura fine sulla base delle conoscenze degli esperti locali (indicazioni generali e rilievi ad hoc).

### **5.2.7 Chiave di lettura**

Il tipo ecologicamente coerente riportato per un determinato luogo è quello che il modello considera maggiormente probabile in quelle condizioni ambientali e stazionali. Nel leggere la carta è bene però ricordare che "sotto" al tipo rappresentato ne esistono altri, alcuni dei quali potrebbero esprimersi nello stesso luogo a livelli di probabilità piuttosto elevati, sebbene inferiori a quello "vincente" e quindi da questo mascherati.

Conseguentemente a come il tipo ecologicamente coerente è definito e di come è calcolato/individuato dal modello, nell'analisi di un'area (ad esempio di un versante, o di una valle ecc.) possono generarsi diversi casi pratici, la cui lettura richiede un'interpretazione da parte dell'utente:

- il tipo rappresentato è uniforme su tutta l'area considerata → siamo evidentemente in una situazione ottimale per quel tipo, senza alternative di rilievo, in cui il tipo può esprimersi in modo costante indipendentemente dalle inevitabili piccole variazioni date dal mosaico stazionale;
- un secondo tipo si esprime, magari con pochi punti, in corrispondenza di discontinuità morfologiche (linee di impluvio, crinali, aree a diversa giacitura) → per quanto le aree di pertinenza di questo secondo tipo siano piccole la loro comparsa è da interpretare come segnale di una possibile differenza ambientale e vegetazionale localizzata sulle discontinuità;
- il tipo rappresentato dominante è punteggiato da un secondo tipo, che compare in assenza di discontinuità morfologiche manifeste → siamo in presenza di una situazione di tensione diffusa tra i due tipi, in cui difficilmente il mosaico rappresentato corrisponde a quanto osservabile in realtà; possiamo aspettarci dei popolamenti con caratteri di transizione e comunque l'affermarsi dell'uno o dell'altro tipo è poco prevedibile; sappiamo però di trovarci in una condizione limite.

### **5.2.8 Ipotesi d'uso**

Possono essere formulate numerose ipotesi d'uso: valutazione della naturalità, stabilità e potenzialità evolutive di un popolamento forestale; orientamento negli interventi di gestione naturalistica; analisi in sede di valutazioni di impatto ambientale. Il report di calcolo delle probabilità dei tipi forestali permette di risalire al/ai parametri ecologici che maggiormente hanno pesato nel promuovere una determinata tipologia e, di fatto, conoscere il fattore limitante della tipologia in quel dato luogo: ciò dà al sistema un certo interesse teorico-scientifico.

La carta dei tipi ecologicamente coerenti, oltre ad essere un tassello per la redazione della carta dei tipi reali, rappresenta un elaborato di grande importanza, in quanto costituisce una guida ed un indirizzo per orientare il lavoro del pianificatore e dell'asestatore su orizzonti temporali di ampio respiro.

### **5.2.9 Risoluzione**

I limiti di risoluzione della carta sono imposti dalla risoluzione degli input, cioè secondo una griglia costituita da celle di 50x50 m. Per l'input "substrati" e solo laddove manca la copertura della cartografia geoambientale (scala 1:10.000) si è utilizzata la carta geologica regionale alla scala 1:250.000. Tuttavia questo gap sembra portare scompensi in limitatissime aree e solo nella discriminazione tra tipologia carbonatica e silicatica. Si ritiene quindi soddisfatta la necessità di pervenire ad una carta

riproducibile fino ad una scala di 1:10.000.

## 5.3 La carta dei tipi reali

Questa carta deriva da un'elaborazione della carta dei tipi ecologicamente coerenti introducendo dei correttivi desunti da vari documenti disponibili (piani di assestamento forestale, carte d'uso del suolo, carte dei tipi e delle categorie forestali, carte vegetazionali, ecc.). Questa carta, quindi, è una **rappresentazione più fedele dell'attuale distribuzione dei tipi forestali** e tiene conto - per quanto possibile, ovvero per quanto noto - anche della presenza di tipi secondari o di sostituzione (antropogeni).

### 5.3.1 Il processo di integrazione dei dati

Le cartografie e i dati disponibili, analizzati secondo la logica descritta nei successivi paragrafi, vengono integrate nel modello come fattori di promozione delle tipologie. La tipologia scelta vede di fatto aumentare il proprio valore di probabilità di una certa quota, detta *fattore additivo (FA)*.

Ogni pixel della carta ha una differente classifica di probabilità delle tipologie, con una diversa distribuzione: la promozione della tipologia non può quindi essere realizzata con un valore identico per tutti i pixel bensì con un valore proporzionato a tale distribuzione.

#### NOTA TECNICA

Considerando, sulla base di una indagine speditiva, la distribuzione dei valori di probabilità normale (o prossima a questa), posto

$PM$  = valore medio di probabilità

e

$s$  = deviazione standard stimata (escludendo le tipologie a  $PC=0$ )

allora

$PM \pm 1s$  comprende il 68% delle tipologie

$PM \pm 1.96s$  comprende il 95% delle tipologie

$PM \pm 2.58s$  comprende il 99% delle tipologie

Essendo  $s$  una unità standard di distanza tra le osservazioni all'interno della classifica che vogliamo modificare, sarà su questa che baseremo il calcolo del fattore additivo:

$FA = (PM + 1s) * K$

dove  $K$  è coefficiente moltiplicativo scelto dall'utente in base al grado di affidabilità del set di dati e sarà compreso tra 0 e 1,

quindi ci aspettiamo che una carta con grado di affidabilità massimo ( $K=1$ ), possa far risalire la tipologia  $i$ -esima nella classifica delle probabilità il 68% della classifica stessa.

La nuova probabilità della tipologia  $i$ -esima avrà dunque un valore pari alla somma della probabilità ecologica iniziale e del fattore additivo così calcolato.

$PE = PE_i + FA$

Questo metodo ci permette di avere un controllo quantitativo delle promozioni, in modo equilibrato per tutti i pixel che compongono la carta.

Ogni set di dati (carte delle tipologie, carte delle categorie, piani economici e carta geoambientale) porterà il proprio contributo in forma di un certo FA, ad esclusione della Carta dell'uso del suolo (DUSAF), la quale agisce come semplice fattore correttivo di tipo moltiplicativo.

TIPPEC \* FATTORE DI CORREZIONE CARTA USO SUOLO = TIPUSO  
TIPUSO + FA PIANI ECONOMICI = TIPPE  
TIPPE + FA CARTA GEOAMBIENTALE = TIPGA  
TIPGA + FA CARTE TIPOLOGICHE/CATEGORIA/VEGETAZIONALI = TIPCT  
TIPCT \* FATTORE DI CORREZIONE RARITA LOCALE = TIPRAR  
TIPRAR \* FATTORE DI CORREZIONE B7/L5 = TIPDEF

dove TIPDEF rappresenta di fatto la Carta dei tipi forestali reali.

### **5.3.2 I dati di base utilizzati**

#### **5.3.2.1 La carta dell'uso del suolo (DUSAF)**

Questa carta, oltre ad essere impiegata per individuare le superfici boscate, discrimina tra boschi di latifoglie, boschi di conifere, boschi misti e formazioni di colonizzazione arboreo-arbustiva: quindi si promuove o si penalizza la tipologia forestale secondo la sua affinità con tali classi.

#### **5.3.2.2 La carta geoambientale**

Della carta geoambientale si utilizzano gli strati informativi

- **sc\_geo - specie legnose** ovvero una serie di punti, ad ognuno dei quali è associata una stringa di testo riportante un elenco di specie legnose; uno o più di questi punti sono associati ad uno dei poligoni dello strato nu\_ctrgeo.
- **nu\_ctrgeo - aree agricole e boschive, non coltivato, aree sterili, rocce** ovvero tutte le sottoclassi di uso del suolo appartenenti alle classi boschi, prati o pascoli, vegetazione naturale, vegetazione incolta, seminativi, legnose agrarie, aree sterili e affioramenti litoidi.

I punti di sc\_geo riportano informazioni sulla copertura arborea riassunte in una stringa di testo che riporta la sigla delle specie (es. Ld, Pa, Fs = Larix decidua, Picea abies, Fagus sylvatica).

Non si tratta ovviamente di un dato quantitativo ma unicamente di una stima oculare del tutto soggettiva; non sono dati dei valori o delle classi di copertura ma unicamente l'elenco delle specie arboree ed arbustive presenti nell'interno di ciascun punto in ordine di copertura decrescente.

Pur caratterizzati da un contenuto informativo piuttosto basso,

si tratta comunque di numerosi dati puntuali (oltre mille per ciascuna comunità montana) ben distribuiti sulla maggior parte del territorio regionale montano. Si è pensato quindi di cercare di utilizzare questi dati in modo da derivarne informazioni sulla categoria forestale prevalente nell'intorno di ciascun punto, da utilizzarsi in particolare laddove non sono disponibili fonti informative più attendibili (piani di assestamento o carte tipologiche).

La procedura di elaborazione dei dati è descritta nell'allegato 1.

### **5.3.2.3 La cartografia assestamentale**

Le quantità percentuali della massa legnosa delle specie arboree dei piani economici entrano in un processo logico di interpretazione, così che ad una particella viene assegnata la tipologia forestale più compatibile con i dati presenti. Quando non è possibile assegnare una tipologia forestale con un certo margine di sicurezza non si procede ad alcuna promozione. Le soglie di valore scelte per l'attribuzione si basano sull'esperienza incrociata tra assestatori e tipologi, occorre infatti considerare che basse percentuali di massa possono essere indice di cospicua presenza per alcune specie (Alnus, Betula, ecc.) mentre per altre specie è richiesta una percentuale maggiore (Castanea, Fagus, Picea). Inoltre basse percentuali di una specie possono essere sufficienti al tipologo per assegnare una data tipologia (abieteti, querceti). Lo schema logico di integrazione dei piani economici si trova nell'allegato 2.

### **5.3.2.4 Carta delle categorie e delle tipologie forestali**

Le carte delle tipologie e delle categorie forestali disponibili sono state riclassificate, laddove necessario, secondo la classificazione del progetto "Tipologie forestali della Lombardia". Le carte vegetazionali, di varia provenienza, hanno trovato un'integrazione spesso smembrata: alcune parti di una carta possono essere state utilizzate come carta delle tipologie, altre parti sono state declassificate a livello di categoria, altre non hanno trovato un'interpretazione certa e sono state escluse. La specificità di questi dati non richiede ulteriori passaggi logici per la loro integrazione nel modello.

### **5.3.2.5 Carta degli habitat**

Le carte degli habitat redatte per i siti Natura 2000 sono state acquisite ed interpretate in senso tipologico, individuando per ciascun habitat un legame con ciascun tipo forestale.

### **5.3.3 Il fattore di rarità locale**

Quando la presenza quantitativa reale di una tipologia forestale si discosta molto dalla sua presenza quantitativa potenziale, sorge la necessità, soprattutto dove mancano dati reali in integrazione (aree scoperte dalla cartografia assestamentale o carte vegetazionali varie), di aumentare o diminuire la sua probabilità di presenza.

Il fattore di rarità locale è stato introdotto per consentire una taratura fine delle singole tipologie su ognuna delle aree di indagine ed è quindi basata sulle indicazioni degli esperti di zona. Esso risulta efficace quando la sovrastima o la sottostima di una tipologia non è correlabile con uno dei fattori ecologici che entrano in elaborazione.

È l'ultimo parametro che deve essere calibrato ed agisce come fattore moltiplicativo sul valore finale della probabilità, potendo utilizzare anche valori decimali.

### **5.3.4 Chiave di lettura**

In prima battuta valgono le considerazioni già riportate riguardo alla lettura della carta dei tipi ecologicamente coerenti: una discontinuità può essere generata da condizioni stazionali locali particolari (e in tal caso sono rilevanti anche fenomeni che si esprimono per piccole superfici) o da situazioni di tensione diffusa tra due formazioni (e in tal caso è interessante cogliere la tendenza alla transizione, ma non è rilevante la localizzazione delle singole tipologie).

A ciò si aggiunga che l'informazione riguardo alla presenza di una determinata categoria forestale, soprattutto per le formazioni più lontane dalla potenzialità, può derivare da fonti molto differenti per precisione (in termini compositivi e di localizzazione). Ad esempio la rappresentazione di una pecceta secondaria in fascia basale o montana significa che una o più fonti segnalano un'abbondante presenza di peccio per l'area. Spesso l'allocazione precisa è però effettuata su base probabilistica, scegliendo ad esempio le stazioni relativamente meno aride se siamo in una fascia di orno-ostrieti o quelle di maggior quota se siamo nel contesto delle faggete. Difficile infine discernere senza una lettura critica supportata dall'esperienza tra i casi di mescolanza "andante" e quelli di alternanza per gruppi.

### **5.3.5 Risoluzione**

Valgono le considerazioni fatte per la carta dei tipi ecologicamente coerenti, benché si possa supporre un miglioramento nella risoluzione dovuta all'integrazione di carte specifiche, per lo più realizzate ad una reale scala 1:10.000.

## 6 LA VALIDAZIONE DEGLI ELABORATI

### 6.1 Premessa

Tutte le carte dei tipi reali prodotte sono state sottoposte ad un test per la stima dell'accuratezza sulla base di punti di controllo raccolti ad hoc da professionisti esperti di zona o da personale ERSAF.

Il test si basa sul confronto tra la carta ottenuta ed un set di punti rilevati e non precedentemente utilizzati per tarare i parametri del modello.

Tale confronto viene normalmente svolto tramite una matrice degli errori attraverso la quale si confrontano i punti di controllo con i risultati della classificazione.

		CONTROLLO					Totale
		1	2	3	4	5	
CLASSIFICAZIONE	1	20	0	2	1	5	28
	2	2	15	0	0	0	17
	3	0	2	6	0	0	8
	4	0	1	0	23	1	25
	5	1	1	0	1	16	19
Totale		23	19	8	25	22	97

**Tabella 4 – Esempio di matrice di confusione**

Dalla matrice possono essere calcolati alcuni parametri statistici sia a livello globale sia a livello di singola categoria:

- AG accuratezza globale (rapporto tra il totale dei punti validati e il totale dei punti campionati)
- AU accuratezza dell'utente (rapporto tra i punti validati e il totale di riga)
- AP accuratezza del produttore (rapporto tra i punti validati e il totale di colonna).

Data tuttavia la complessità e la specificità della classificazione tipologica, si è reso necessaria l'introduzione di una procedura di interpretazione dei risultati più articolata e complessa, di seguito descritta.

### 6.2 Stima dell'accuratezza

Tale procedura implica generalmente tre fasi (Stehman e Czaplewski, 1998):

- definizione dello schema di campionamento
- definizione del protocollo di rilievo

- definizione del protocollo di stima ed analisi

Per quanto riguarda il primo punto occorre sottolineare che la validità statistica delle stime di accuratezza è basata su un campionamento probabilistico, ossia uno schema di campionamento in cui punto potenziale di campionamento dovrebbe avere una probabilità non nulla di essere scelto e queste probabilità dovrebbero essere note a priori.

### **6.2.1 Schema di campionamento**

Data l'estensione territoriale interessata dal presente studio, non è stato possibile organizzare e realizzare un vero campionamento probabilistico. I punti di campionamento sono stati pertanto scelti dagli esperti di zona in modo soggettivo, distribuendoli in modo da coprire tutte le categorie forestali presenti in ciascuna zona e da rispecchiare la loro proporzione areale.

Il campione raccolto è composto complessivamente da 3541 punti di controllo distribuiti sulla parte montana del territorio regionale.

### **6.2.2 Protocollo di rilievo**

In ciascun punto di controllo il rilevatore ha raccolto i seguenti dati:

- tipo forestale prevalente in un intorno di circa 50 x 50 m
- omogeneità/eterogeneità del contesto forestale.

### **6.2.3 Protocollo di valutazione**

La natura degli elaborati e la complessità del sistema tipologico implicano una lettura più articolata degli elaborati stessi. Questa lettura viene effettuata su due piani:

- sul piano della localizzazione geografica, per considerare la presenza e la propagazione di errori di posizionamento negli elaborati,
- sul piano del contenuto informativo, in relazione alle caratteristiche della classificazione tipologica

#### **6.2.3.1 Aspetti legati alla localizzazione geografica**

Per quanto attiene al primo punto, i limiti di precisione nella rappresentazione e georeferenziazione dei diversi tematismi (e degli stessi punti di controllo), nonché la logica con cui si "esprime" il sistema (vedi chiave di lettura delle carte), rendono necessario un confronto tra il punto di rilievo con un intorno di celle e non

con la sola cella sulla quale cade il punto.

La procedura messa a punto prevede quindi la possibilità di considerare un intorno, definito generalmente come un area di 3x3 celle circostante quella centrale da validare, per un totale di 9 celle (figura).

155	149	149
155	149	149
155	141	141

**Figura 6 – Il kernel di validazione**

Nel caso di aree omogenee dal punto di vista tipologico, il punto si ritiene positivamente validato quando la maggioranza delle celle del kernel sono validate; nel caso di aree tipologicamente eterogenee sarà invece sufficiente la validazione di una o poche celle del kernel.

#### NOTA TECNICA

Il numero minimo di celle necessario per la validazione è parametrizzato e pertanto definibile dall'operatore.

È possibile effettuare la procedura di validazione simultaneamente alla realizzazione delle carte oppure su carte precedentemente prodotte. Ogniqualevolta viene elaborata una nuova carta, automaticamente il sistema la sottopone al test di accuratezza. I risultati del test sono restituiti sotto forma di *raster* per una localizzazione sulla carta dei punti validi e non, inoltre compare al terminale il numero complessivo di punti validati sia a livello di categoria che a livello di tipo.

Sono inoltre prodotti dei file di testo per l'interpretazione dei risultati, che per ogni punto di rilievo riportano il tipo forestale osservato, quello calcolato nella cella centrale del *kernel* e quello di tutte le celle del *kernel*.

### 6.2.3.2 Aspetti legati al sistema di classificazione

Dato il margine di soggettività del metodo tipologico e la diffusione in pratica di situazioni di tensione o transizione tra differenti tipi, sarebbe semplicistico leggere i risultati della validazione come semplice rapporto "valore calcolato (scaturito dal modello)/valore veritiero (realtà)". Varie esperienze dimostrano che in assenza di una verità/realtà assoluta la stessa cartografia prodotta da due "bravi" rilevatori può apparire piuttosto differente, senza che si possa stabilire che una delle due interpretazioni sia errata (ovvero in un problema complesso varie soluzioni possono cogliere correttamente differenti aspetti della realtà).

D'altra parte a fronte di un problema interpretativo reale, se è vero che esiste più di una soluzione corretta, è altrettanto vero

che esistono senza dubbio varie soluzioni insoddisfacenti e moltissime assolutamente da scartare. In altri termini su alcuni punti i due rilevatori possono trovare un'intesa e una spiegazione alle divergenze; su altri no.

Concretamente di fronte ai casi di non coincidenza si tratta di stabilire quanto siano discordanti (o conciliabili) le due interpretazioni. In termini rigorosi ciò comporterebbe l'impostazione di una matrice delle distanze tra ognuno dei quasi 200 tipi e tutti gli altri; allo stato attuale ci si è limitati ad una lettura "critica" dei risultati.

## **7 MODALITA' DI IMPIEGO DELLA CARTA**

### **7.1 Impiego nella redazione dei Piani di Indirizzo Forestale**

La Carta dei tipi reali rappresenta la massima espressione di integrazione dei dati esistenti per quel territorio ed in quanto tale è da considerarsi la cartografia, attualmente esistente, più attendibile.

La carta e la chiave di lettura sono state pensate e realizzate come basi operative, eventualmente discutibili e rivedibili, per una redazione omogenea delle cartografie nell'ambito dei Piani di Indirizzo Forestale che ne consenta l'immediato confronto/assemblaggio: lo scopo è quello di ottenere una carta delle tipologie forestali omogenea per tutto il territorio regionale, sempre più completa, sempre più dettagliata.

La procedura d'impiego è esaustivamente trattata nel "Protocollo di redazione della carta dei tipi forestali dei Piani di Indirizzo Forestale" riportato nell'Allegato 3; a grandi linee si tratta di verificare ed eventualmente correggere la carta dei tipi reali ottenendo di fatto la carta dei tipi forestali dei Piani di Indirizzo Forestale.

### **7.2 Altri usi**

La carta dei tipi reali può essere utilizzata in tutte le discipline applicate all'ambiente, soprattutto quando l'operatore sia al corrente dei legami tra tipologie forestali ed il loro significato ecologico (stadio evolutivo, fauna e flora correlabile, potenziale pirologico, capacità di stabilizzazione dei versanti e di protezione dall'erosione superficiale, come prima discriminante per l'interpretazione degli habitat, ecc): l'analisi incrociata con la carta dei tipi ecologicamente coerenti può far scaturire molte indicazioni. Come prima applicazione, a titolo dimostrativo, la carta dei tipi ecologicamente coerenti per l'area valtellinese è

stata impiegata per la stima dell'idoneità del territorio forestale nei confronti del Gallo cedrone, nell'ambito di un progetto coordinato dal Parco delle Orobie Valtellinesi.

## 8 RISULTATI

I risultati conseguiti nell'ambito del presente lavoro sono numerosi e di diverso tipo.

Innanzitutto la carta dei tipi forestali sia ecologicamente coerente che reale per l'intero regionale, quali elaborati principali del progetto.

Un secondo elemento è dato dall'allestimento di una banca dati contenente dati e cartografia tematica di supporto al progetto. In particolare si è proceduto all'individuazione ed alla raccolta di un insieme di cartografie tematiche di tipo forestale o vegetazionale ricco ed articolato.

Un ulteriore risultato è individuabile nell'archivio regionale dei punti di controllo che è stato arricchito di diverse centinaia di punti raccolti dagli esperti di zona nelle diverse aree di indagine.

La parametrizzazione ecologica dei tipi forestali, ossia l'associazione tra tipi e parametri ecologici nei diversi contesti territoriali, costituisce un ulteriore elemento di interesse tecnico - scientifico.

### 8.1 LE CARTE DEI TIPI FORESTALI

I risultati del progetto carta dei tipi forestali constano in due serie di cartografie: una relativa ai **tipi forestali reali**, ovvero alla vegetazione effettivamente espressa sul territorio, e la seconda relativa ai **tipi forestali ecologicamente coerenti**, ovvero alla vegetazione forestale che meglio si adatta al complesso delle caratteristiche geomorfologiche e pedoclimatiche di ogni sito.

Preme qui sottolineare che il prodotto realizzato non si limita alle carte, ma consta di un modello ecologico e di un GIS interconnessi, in grado di fornire per ogni punto del territorio informazioni complesse e "stratificate": non la sola rappresentazione del tipo forestale presente, ma una sintesi di tutti i dati ecologici rilevanti disponibili per il sito. Ovvero un sistema cartografico aperto da considerarsi come il nucleo centrale di un futuro sistema informativo forestale

#### 8.1.1 *Caratteristiche degli elaborati prodotti*

Si tratta di cartografie digitali in forma raster con risoluzione 50 x 50 m, restituite cartograficamente per tutto il territorio regionale.

Gli elaborati digitali sono consultabili e riproducibili fino ad una scala di 1:10.000, con i limiti evidenziati in precedenza.

Per meglio facilitare le analisi svolte, nonché la successiva

fase gestionale, la cartografia regionale è stata prodotta secondo le seguenti aree territoriali:

ID	NOME AREA	AMBITO TERRITORIALE
1	Comunità Montana Oltrepò Pavese	Montagna
2	Comunità Montana Parco Alto Garda Bresciano	
3	Comunità Montana Valle Sabbia	
4	Comunità Montana Valle Trompia	
5a	Comunità Montana Valle Camonica superiore	
5b	Comunità Montana Valle Camonica inferiore	
6	Comunità Montana Sebino Bresciano	
7	Comunità Montana Monte Bronzone e Basso Sebino	
8	Comunità Montana Alto Sebino	
9	Comunità Montana Valle Cavallina	
10	Comunità Montana Valle Seriana superiore	
11	Comunità Montana Scalve	
12	Comunità Montana Valle Seriana	
13	Comunità Montana Val Brembana	
14	Comunità Montana Valle Imagna San Omobono	
15	Comunità Montana Valle San Martino	
16	Comunità Montana Lario Orientale	
17	Comunità Montana Valsassina-Valvarrone-Val D'Esino- Riviera	
18	Comunità Montana Triangolo Lariano	
19	Comunità Montana Lario Intelvese	
20	Comunità Montana Alpi Lepontine	
21	Comunità Montana Alto Lario Occidentale	
22	Comunità Montana Alta Valtellina	
23	Comunità Montana Valtellina di Tirano	
24	Comunità Montana Valtellina di Sondrio	
25	Comunità Montana Valtellina di Morbegno	
26	Comunità Montana Valchiavenna	
27	Comunità Montana Valceresio Induno	
28	Comunità Montana Valganna e Valmarchirolo	
29	Comunità Montana Valli Luinesi	
30	Comunità Montana Valcuvia	
31	Comune di Lecco	
32	Comune di Brinzio	
33	Comune di Villa d'Almè	
34	Comune di Como	
36	Avanalpico occidentale	Avanalpico
37	Avanalpico centrale	
38	Avanalpico orientale	
39	Pianura provincia di Pavia	Pianura
40	Pianura provindia di Milano	
41	Pianura provindia di Varese	
42	Pianura provindia di Como	
43	Pianura provindia di Lecco	
44	Pianura provindia di Lodi	
45	Pianura provindia di Bergamo	
46	Pianura provindia di Brescia	

47	Pianura provincia di Cremona	
48	Pianura provincia di Mantova	

**Tabella 5 - Le aree di applicazione del modello**



**Figura 7 - Gli ambiti di applicazione del modello**

Ai fini di un utilizzo della cartografia per scopi gestionali la carta può essere vettorializzata e ricondotta quindi ad una struttura poligonale.

Per fare ciò è opportuno adottare preventivamente una procedura di filtraggio mirato ad eliminare i pixel isolati, con conseguente semplificazione ed alleggerimento degli elaborati risultanti.

Si riporta di seguito una tabella di sintesi dei risultati relativi alla distribuzione reale espressa in ha delle categorie forestali a livello regionale.

<b>CATEGORIA FORESTALE</b>	<b>SUP_ha_ZONA MONTANA</b>	<b>SUP_ha_ZONA PLANIZIALE</b>	<b>SUP_ha_totale</b>
<b>Quercu-carpineti e carpineti</b>	<b>2450</b>	<b>3596</b>	<b>6046</b>
<b>Querceti</b>	<b>40639</b>	<b>6128</b>	<b>46766</b>
<b>Castagneti</b>	<b>66647</b>	<b>7204</b>	<b>73851</b>
<b>Orno-ostrieti</b>	<b>52286</b>	<b>4909</b>	<b>57194</b>
<b>Aceri-frassineti ed aceri-tiglieti</b>	<b>23890</b>	<b>511</b>	<b>24401</b>
<b>Betuleti e corileti</b>	<b>14558</b>	<b>120</b>	<b>14678</b>
<b>Faggete</b>	<b>89244</b>	<b>1378</b>	<b>90622</b>
<b>Mughete</b>	<b>3143</b>	<b>1</b>	<b>3143</b>
<b>Pinete di pino silvestre</b>	<b>10479</b>	<b>2826</b>	<b>13305</b>
<b>Piceo-faggeti</b>	<b>8824</b>	<b>0</b>	<b>8824</b>
<b>Abieteti</b>	<b>18153</b>	<b>0</b>	<b>18153</b>
<b>Peccete</b>	<b>75206</b>	<b>0</b>	<b>75206</b>
<b>Lariceti, larici-cembrete e cembrete</b>	<b>38602</b>	<b>0</b>	<b>38602</b>
<b>Alneti</b>	<b>6668</b>	<b>2045</b>	<b>8713</b>
<b>Formazioni particolari</b>	<b>3181</b>	<b>3307</b>	<b>6488</b>
<b>Formazioni antropogene</b>	<b>17617</b>	<b>20294</b>	<b>37911</b>
<b>Formazioni preforestali</b>	<b>34602</b>	<b>47</b>	<b>36649</b>
<b>Aree boscate non classificate</b>	<b>682</b>	<b>48111</b>	<b>48793</b>
<b>TOTALE</b>	<b>506867</b>	<b>100477</b>	<b>607340</b>

## 8.2 LA BANCA DATI DELLA CARTOGRAFIA FORESTALE

L'acquisizione dei dati e delle cartografie prodotte ha permesso di realizzare quanto segue:

1. **Raccolta e riordino** dei dati cartografici pregressi (cartografia e dati descrittivi);
2. **Omogeneizzazione e riclassificazione** della cartografia tipologica di recente produzione secondo i "Tipi forestali regionali" ;
3. **Completamento ed aggiornamento del catasto** informatizzato dei Piani di Assestamento Forestale;
4. **Strutturazione e archiviazione** dei dati per categorie ed aree omogenee

Viene di seguito sinteticamente riepilogato l'insieme di elaborati costituenti l'archivio regionale della cartografia ad uso forestale.

### 8.2.1 Cartografie di base

- C.T.R. in scala 1:10.000 e 1:50.000
- Modello Digitale del Terreno (quota, esposizione, pendenza, concavità / convessità, curvatura, assolazione, drenaggio)
- carta del reticolo idrografico

### 8.2.2 Cartografia geopedologica

Sono stati individuati ed acquisiti i seguenti elaborati:

- carta geologica della Lombardia in scala 1:250.000
- carta dei gruppi di substrati in scala 1:250.000
- carta geoambientale della Regione Lombardia in scala 1:10.000
- carta dei pedopaesaggi ERSAF, in scala 1:50.000
- carte pedologiche ERSAF (zona di pianura), in scala 1:50.000

### 8.2.3 Cartografia bioclimatica

Sono stati individuati ed acquisiti i seguenti elaborati:

- carta delle regioni forestali
- carta dei distretti geobotanici
- carta ecogeografica della Lombardia

## **8.2.4 Carte d'uso del suolo (livello 0)**

### **8.2.4.1 La carta di destinazione d'uso dei suoli agricoli e forestali (DUSAF)**

Un primo, importante elemento è una definizione univoca dell'oggetto del presente lavoro, ossia il bosco. Si è pertanto individuato nella Carta di destinazione d'uso dei suoli agricoli e forestali (DUSAF) l'elaborato cartografico di riferimento per la definizione del limite del bosco, in quanto il più aggiornato (essendo basato sul volo aereo CGR-IT2000) e disponibile in formato digitale con una copertura omogenea per tutto il territorio regionale. Un'esatta rappresentazione del limite del bosco in accordo con le definizioni di legge va oltre gli scopi statistico-conoscitivi e la valenza non probatoria dell'elaborato di cui al presente lavoro.

In particolare le categorie della DUSAF che individuano il limite attuale del bosco considerate per la redazione della carta dei tipi reali sono quelle riportate di seguito:

#### **B1 - Boschi di latifoglie**

- B1d: boschi di latifoglie governati a ceduo
- B1e: boschi di latifoglie allevate ad alto fusto

#### **B4 - Boschi di conifere**

#### **B5 - Boschi misti di conifere e di latifoglie**

- B5d: boschi misti di conifere e di latifoglie governati a ceduo
- B5e: boschi misti di conifere e di latifoglie allevate ad alto fusto

#### **B1u - vegetazione arbustiva e arborea di ambiente ripariale**

**N8b = vegetazione arbustiva e cespuglieti, con presenza di alcuni individui a portamento arboreo o di macchie di vegetazione in avanzata evoluzione verso forme forestali.**

La carta si basa unicamente su osservazioni di tipo fisionomico e non considera la tendenza evolutiva delle formazioni. Pertanto, in alcune situazioni la categoria N8b indica formazioni pioniere di alta quota, piuttosto stabili (paraclimax) e tipologicamente ben delineabili (alnete di ontano verde, mughete, lariceti primitivi, ecc.), mentre in altri casi, alle quote più basse, si tratta di boschi di neoformazione (corileti, betuleti, acero-frassineti, ecc.).

In questi casi si è fatto ricorso al termine di "formazioni preforestali", per le quali viene indicato come probabile obiettivo delle dinamiche evolutive il tipo ecologicamente coerente con la stazione.

## B7 - Rimboschimenti recenti

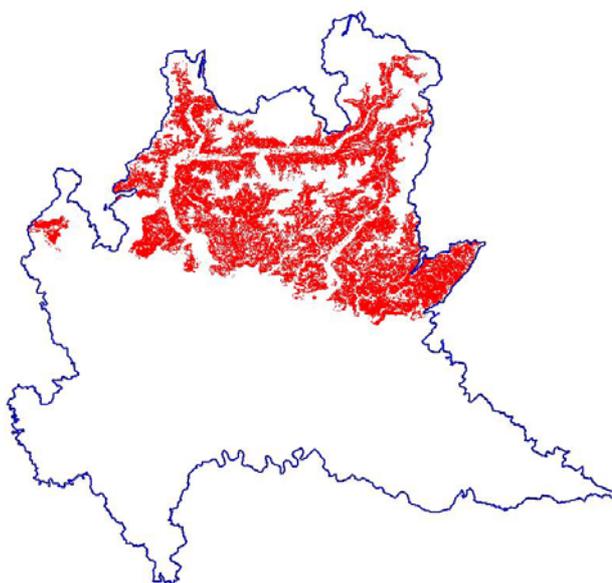
La carta dei tipi ecologicamente coerenti viene estesa anche alle seguenti categorie:

N8, N8t, N5, N5g, P4, P4a, R2, R3, R4,

### 8.2.4.2 La carta d'uso del suolo ad indirizzo vegetazionale

Tale elaborato è stato realizzato nell'ambito della cartografia geoambientale della Regione Lombardia ed è disponibile per (quasi) tutto il territorio di pertinenza amministrativa delle Comunità Montane.

In particolare di questo elaborato sono stati utilizzati non tanto i poligoni di definizione del limite del bosco, in quanto meno aggiornato rispetto alla DUSAF, quanto invece i punti riportanti la composizione locale dello strato arboreo ed arbustivo. Tramite questi punti è stato possibile effettuare l'attribuzione della categoria forestale anche per le aree non coperte dai piani di assestamento forestale o da altri strumenti cartografici.



### **8.2.5 Dati dei Piani di Assestamento Forestale**

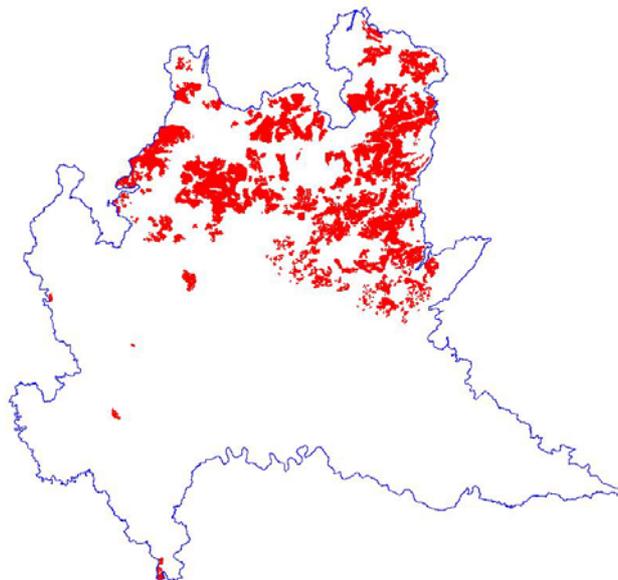
Il Catasto Informatizzato dei Piani di Assestamento Forestale, attualmente in corso di redazione da parte della Regione Lombardia con il supporto di ERSAF, è costituito da una parte cartografica e da una parte alfanumerica, relazionati tramite un identificatore univoco di particella.

Il Catasto contiene numerose informazioni potenzialmente di grande utilità nella definizione dei tipi forestali. In particolare le informazioni sulla composizione dello strato arboreo sono state utilizzate come input per una procedura di deduzione della categoria forestale prevalente a livello di particella (si veda in proposito l'allegato 1).

Purtroppo, nonostante le recenti implementazioni, la copertura territoriale di questo elaborato non è ancora completa. Inoltre il suo contenuto informativo risulta a volte incompleto, in quanto a numerose particelle assestamentali presenti nel database cartografico non corrisponde alcun record nel database alfanumerico.

Per alcune delle aree non ancora comprese nel Catasto è stata effettuata la digitalizzazione della parte cartografica e l'inserimento dei soli dati alfanumerici ritenuti utili ai fini del presente lavoro (composizione percentuale dello strato arboreo, forma di governo, classe attitudinale). Tali aree sono:

- Lario Intelvese
- Triangolo Lariano (parte)
- Valsassina
- Valle Sabbia (parte)



Allo stato attuale la cartografia assestamentale acquisita è relativa all'intero particellare regionale. Questa acquisizione completa ed integra il lavoro svolto nell'ambito del catasto regionale dei piani di assestamento forestale.

### **8.2.6 Cartografia vegetazionale**

Si tratta di elaborati cartografici riportanti categorie vegetazionali o fitosociologiche non immediatamente riconducibili ai tipi forestali. Opportunamente riclassificate possono dare indicazioni fino al livello di categoria forestale. Rientrano in questa categoria anche studi e ricerche aventi per oggetto la

vegetazione forestale condotti nel territorio regionale, generalmente con contenuto informativo fino al livello di categoria.

### **8.2.7 Carte dei tipi o delle categorie forestali**

Si tratta di cartografie riconducibili alla classificazione dei tipi forestali della R.L. almeno a livello di categoria. Tuttavia, essendo state realizzate in tempi diversi, anche antecedenti la pubblicazione del testo di riferimento a livello regionale, e con finalità e metodologie di rilievo non sempre tra loro omogenee, il loro utilizzo richiede spesso una non facile procedura di interpretazione, ricodifica ed omogeneizzazione.

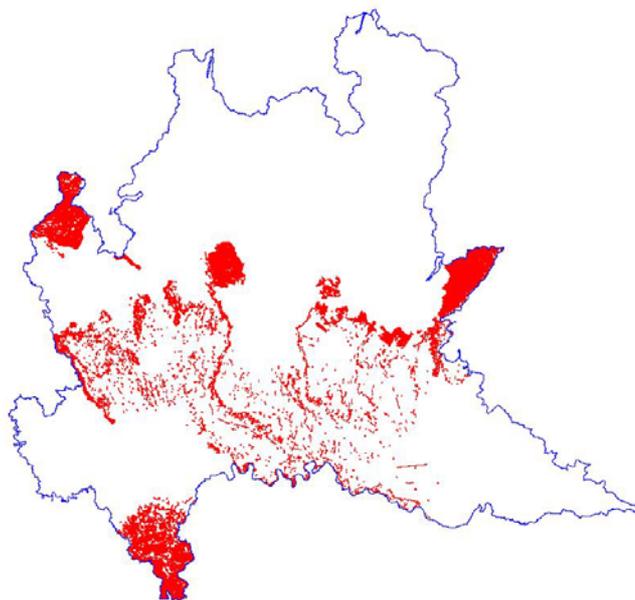
Le stesse problematiche sono anche all'origine dell'impossibilità di procedere alla redazione di una carta dei tipi forestali di livello regionale unicamente a partire dall'assemblaggio di elaborati prodotti localmente nell'ambito dei Piani di indirizzo o di assestamento forestale.

Di seguito vengono elencati gli elaborati di cui si è a conoscenza alla data odierna.

#### **Copertura cartografia tipologica acquisita dai PIF**

Al termine della presente fase è stata acquisita la cartografia relativa ai tipi forestali relativa ai seguenti ambiti territoriali:

- Provincia di Milano
- Provincia di Brescia (fuori C.M.)
- Provincia di Cremona
- Provincia di Lodi
- C.M. Valle Imagna
- C.M. Valle San Martino
- C.M. Oltrepo' Pavese
- C.M. Alpi Lepontine
- C.M. Valganna
- C.M. Valcuvia
- C.M. Monte Bronzone
- C.M. Parco Alto Garda
- Bresciano (n.c.)
- Parco Campo dei fiori
- Parco Spina Verde
- Parco Adda Nord
- Parco dei Colli di Bergamo

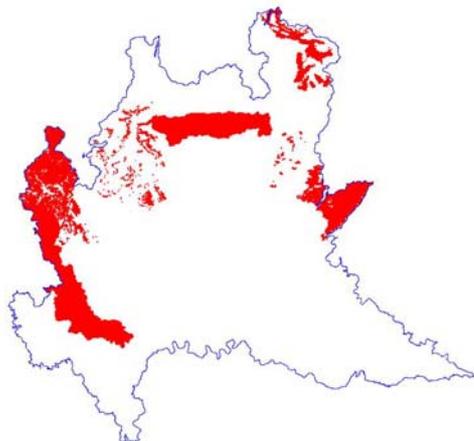


### **Altre cartografie acquisite**

Nel corso del progetto sono state acquisite tutte le cartografie ad indirizzo vegetazionale disponibili in formato digitale ed in qualche modo connesse allo sviluppo della carta forestale regionale. Tra queste ricordiamo:

Cartografie di studi specifici:

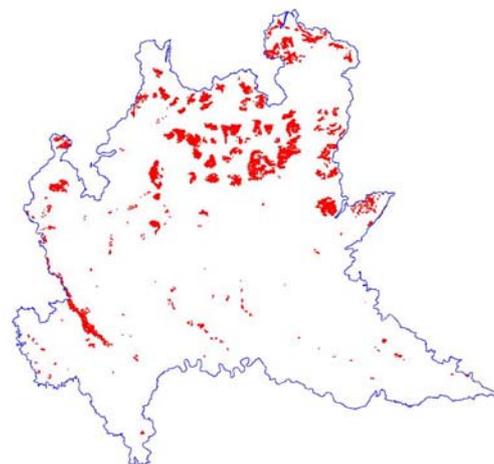
ERSAF, Parco Alto Garda Bresciano  
ERSAF, Alta Valle Sabbia  
Parco del Ticino, Piano di settore boschi  
Parco Orobie Valtellinesi  
FLA, Parco dello Stelvio  
Ente Parco, Parco dell'Oglio Sud  
UNI-INSUBRIA, SIT Fauna Provincia di Varese  
ERSAF, Carta di distribuzione del castagno Provincie di Lecco e Como



Cartografia dei siti natura 2000

### **8.2.8 Altri dati sui tipi forestali (livello 3)**

Altri dati di riferimento sui tipi forestali sono stati individuati nei punti di rilievo, aree, percorsi e transetti realizzati nell'ambito delle indagini preliminari per la definizione dei tipi forestali della Regione Lombardia.



### 8.3 ARCHIVIO REGIONALE DEI PUNTI DI CONTROLLO

La raccolta di dati in campagna è stata finalizzata all'acquisizione di punti di controllo per la validazione delle carte risultanti dall'applicazione del modello. I punti di controllo, prodotti da esperti di zona, hanno una distribuzione spaziale sufficientemente omogenea e rappresentano tutte le categorie forestali presenti nelle aree esaminate.

### 8.4 CONTRIBUTO ALLA CONOSCENZA ECOLOGICA DEI TIPI FORESTALI LOMBARDI

I risultati della fase di parametrizzazione, oltre ad essere l'elemento "esperto" del sistema, costituisce anche un elemento conoscitivo di interesse tecnico - scientifico: vi troviamo infatti i range di esistenza dei tipi forestali per ogni fattore stazionale, calibrati come media su tutti i dati raccolti.

N	lim_inf	max_min	max_max	lim_sup	des
1	0	30	100	250	Quercu-carpineto della bassa pianura
2	0	0	0	0	Quercu-carpineto della bassa pianura var. orientale
3	100	200	250	350	Quercu-carpineto dell'alta pianura
4	0	0	0	0	Quercu-carpineto dell'alta pianura var. alluvionale
5	150	250	400	650	Quercu-carpineto collinare di rovere e/o farnia
6	300	400	600	1000	Carpineto con ostria
7	0	0	0	0	Carpineto con ostria var. con cerro
8	300	500	900	1200	Querceto primitivo di rovere su falda detritica
9	150	250	300	400	Querceto di rovere e/o farnia delle cerchie moreniche occidentali
10	150	200	300	400	Querceto di rovere e/o farnia del pianalto
11	150	200	300	400	Querceto di rovere e/o farnia del pianalto var. con carpino bianco
12	0	70	100	150	Querceto di farnia dei dossi sabbiosi
13	0	30	100	200	Querceto di farnia dei greti ciottolosi
14	0	30	100	300	Querceto di farnia con olmo
15	0	0	0	0	Querceto di farnia con olmo var. con ontano nero
16	0	0	0	0	Querceto di farnia con olmo var. ad arbusti del mantello
17	100	150	300	600	Lecceta primitiva

**Figura 11 – esempio di caratterizzazione ecologica dei tipi forestali**

I risultati intermedi della modellizzazione ci ha indotti a produrre parametri diversi per le seguenti quattro zone: regione mesalpica, esalpica occidentale, esalpica orientale e avanalpico, ognuna archiviata in un proprio database.

I range hanno un buon grado di attendibilità nell'optimum ma i valori delle code possono talvolta essere poco attendibili, così attribuiti per "colloquiare" più efficacemente col modello.

## **9 CONCLUSIONI**

I risultati ad oggi prodotti nell'ambito del presente progetto sono riconducibili a tre filoni principali: tecnico - scientifico, informatico e cartografico.

### **9.1 Considerazioni di tipo tecnico – scientifico**

I risultati ottenuti costituiscono un notevole miglioramento delle conoscenze di carattere tecnico-scientifico sui fattori che regolano la presenza e la distribuzione delle cenosi forestali nel territorio regionale lombardo. Storicamente si riteneva che l'elevato livello di biodiversità degli habitat presenti in Italia, ed in particolare nelle Alpi, non consentisse la messa a punto di sistemi di classificazione delle formazioni forestali, analogamente a quando veniva fatto in altre Nazioni. L'introduzione, avvenuta negli anni novanta del secolo scorso, di sistemi di classificazione dei boschi su base floristico-ecologico-gestionale (le tipologie forestali) ha, invece, dimostrato, pur con i dovuti limiti, l'importanza operativa di poter disporre di "contenitori" più o meno omogenei di formazioni forestali analoghe, cui far riferimento per tracciare le linee d'azione operativa o anche, più semplicemente, per standardizzare il linguaggio tecnico. L'ulteriore passo di approfondimento delle conoscenze sulle connessioni fra fattori ecologici e presenza di habitat, realizzato con il presente progetto, fornisce ai tecnici e gli studiosi nuove chiavi di lettura del paesaggio forestale, consentendo di comprendere con maggiore dettaglio il funzionamento dei singoli sistemi e, di conseguenza, di tracciare linee gestionali maggiormente rispettose dei meccanismi che regolano la vita delle comunità vegetali-forestali. Tali linee, che divengono più complesse con l'aumentare delle conoscenze, tendono sempre più a soddisfare il principio della sostenibilità della gestione delle risorse forestali, obiettivo oramai riconosciuto a livello planetario.

### **9.2 Considerazioni di tipo metodologico-informatico**

A livello informatico si è innanzitutto prodotto un sistema aperto volto a rappresentare la realtà forestale regionale a partire dalla acquisizione della cartografia esistente e dall'analisi delle caratteristiche ambientali del territorio. Il software denominato "FORSTIP" preposto all'elaborazione della carta dei tipi forestali, è attualmente composto da

- un modulo di elaborazione,

- un insieme di file di sistema,
- un insieme di file di input e di output al/dal modello,
- un'interfaccia utente per la gestione del modello e dei relativi parametri.

E' stato inoltre realizzato un archivio digitale dei dati cartografici raccolti, incluso un aggiornamento del Catasto informatizzato dei Piani di assestamento forestale.

### 9.3 Considerazioni di tipo cartografico

Il progetto ha permesso di ottenere la rappresentazione cartografica dell'intero territorio forestale regionale lombardo a partire da ambiti territoriali omogenei. Gli elaborati finali del lavoro sono la carta dei tipi forestali ecologicamente coerenti e la carta dei tipi forestali reali redatte alla scala di analisi 1: 10.000 secondo un mosaico di pixel delle dimensioni di 50m per 50 m. Ulteriori elaborati di base ed intermedi sono comunque a disposizione dell'utente.

Per quanto riguarda le Carte dei tipi reali prodotte, il procedimento di validazione mediante confronto con punti di controllo ha fornito risultati di accuratezza nell'ordine del 70% a livello di categoria (si rimanda in proposito all'allegato 4 contenente le schede analitiche area per area e riassuntive per l'intera regione).

Il risultato è confortante se si considera che l'analisi degli errori evidenzia trattarsi in gran parte di "confusioni" tra categorie affini, che in molti casi potrebbero generare discussione anche tra due rilevatori competenti: ad esempio tra castagneti e querceti di rovere in situazioni di mescolanza, o tra faggete e piceo-faggeti o abieteti con faggio ecc.

Ammettendo una validazione positiva per tipi analoghi appartenenti a categorie affini (ad esempio accettando un castagneto dei suoli mesici per un querceto di rovere dei suoli mesici, ma non per uno dei suoli xerici), il dato di un'accuratezza nell'ordine del 70% può essere riferito a livello di tipo forestale.

Nel corso dell'analisi degli errori si sono inoltre individuati alcuni errori sistematici e come tali almeno in parte correggibili (ad esempio per l'area bresciana un'insufficiente rappresentazione di tipi "primitivi" o una tendenza ad attribuire situazioni limite per quota preferenzialmente alla fascia inferiore). Il dato è quindi ulteriormente migliorabile con poco impegno; si tratta comunque di affinamenti che non sembrano poter spostare il risultato più di qualche punto percentuale.

Altri errori derivano inoltre dall'incompletezza dei dati di partenza: in particolare i dati sulla categoria forestale attuale sono stati dedotti dai dati particellari dei Piani di assestamento

forestale (talora lacunosi o mancanti nel Catasto) o dai punti - etichetta della cartografia geoambientale, raccolti in origine per scopi e finalità diversi.

Un procedimento di validazione più rigoroso (adottabile per la conclusione del lavoro) potrebbe essere realizzato impostando una matrice delle distanze tra tutti i tipi, in modo da "graduare" il livello di errore a seconda dell'affinità o meno (preventivamente e univocamente stabilita) tra tipo previsto e tipo rilevato.

Le carte dei tipi reali prodotte sono state sottoposte ad un test per la stima dell'accuratezza sulla base di punti di controllo raccolti ad hoc da professionisti esperti di zona o da personale ERSAF.

Accanto ai prodotti cartografici principali esiste tutta una serie di altri file "secondari" prodotti dal modello di elaborazione, in particolare:

- la carta dell'indice udometrico
- il numero dei tipi a pari probabilità
- le tipologie a probabilità maggiore
- gli output intermedi del processo di elaborazione della carta dei tipi reali: carta dei tipi corretta con l'uso del suolo, carta dei tipi corretta coi piani economici, carta dei tipi corretta con la carta geoambientale, carta dei tipi corretta con le carte tipologiche
- gli output di risulta del test di accuratezza

## **10 SVILUPPI FUTURI**

Il progetto di per se dinamico è suscettibile di continui miglioramenti ed implementazioni a partire dal miglioramento delle banche dati di base e dalla disponibilità di nuove informazioni fino allo sviluppo di nuovi sistemi di analisi ecologico territoriale.

### **10.1 Le necessità di aggiornamento ed implementazione**

Come tutti i modelli anche questo trae la sua vitalità dalla possibilità di essere migliorato ed aggiornato metodologicamente nel tempo. Si dovranno perciò ritagliare delle risorse per attività mirate ad un miglior settaggio delle informazioni attualmente utilizzate dal sistema per il calcolo, per lo studio e l'integrazione di nuovi parametri ecologici e nella taratura degli stessi nei diversi areali al fine di poterli utilizzare in versioni successive del software.

Il primo aggiornamento necessario per un efficace trasferimento di competenze alle province è la predisposizione di un interfaccia utente semplificata e facilmente utilizzabile dall'operatore locale.

In termini pratici si potrà prevedere la predisposizione di n.1 release all'anno del software per il calcolo delle tipologie forestali.

## 10.2 Le applicazioni di ricerca

Per quanto concerne il comparto applicativo potranno essere messi a punto cartografie di tipo applicativo derivati dal dato di base, in raccordo e su sollecitazione degli attori che si occupano di pianificazione e/o operano sul territorio. In prima battuta DGA e Province ma anche Comunità Montane, comuni, consorzi forestali, ...

Quali esempi di cartografie applicative potrebbero essere inizialmente prese in considerazione le seguenti tematiche:

- Distribuzione delle biomasse legnose (carta delle provvigioni su base tipologica);
- Distribuzione del valore di macchiatico (carta del valore di macchiatico su base tipologica);
- Stima dell'assorbimento di CO<sub>2</sub> da parte delle foreste lombarde (indagine a medio termine da attuarsi in collaborazione con l'università e/o partecipando a preesistenti progetti nazionali o internazionali)
- Stima di altre funzioni: ad ogni tipo forestale sono associabili valori in relazione alla capacità di assolvere a varie altre funzioni "non tradizionali": valenza estetico - paesaggistica, di difesa idrogeologica, produzione di funghi, miele ecc.
- Biodiversità: ad ogni tipo forestale sono associabili valori in relazione alla ricchezza complessiva di specie o alla presenza di particolari specie animali o vegetali di elevato pregio. Da questa considerazione di base discende la possibilità di derivare dalla carta dei tipi forestali numerose carte di vocazione per le singole specie o di valore biocenotico complessivo.
- Naturalità: ogni tipo forestale occupa una diversa posizione in una scala di naturalità che spazia dai tipi originari a quelli totalmente antropogeni.
- Problematiche fitosanitarie: in base alla distribuzione dei diversi tipi/categorie forestali, incrociando eventualmente il dato vegetazionale con altri dati stazionali, è possibile descrivere l'area di possibile incidenza di specifiche patologie;
- Rischio di incendio e ricostituzione post incendio: la conoscenza del tipo forestale, integrata con dati climatici e stazionali, consente di determinare il potenziale pirologico del territorio.

## 10.3 La formazione

Per poter rendere operative le Amministrazioni Provinciali è prevista l'organizzazione di momenti formativi che descriveranno tecnicamente il sistema implementato. Si tratterà di un tipo di formazione accompagnamento che porterà il referente territoriale provinciale non solo a conquistare consapevolezza circa la struttura teorica del sistema e autonomia operativa nell'utilizzo del modello, ma anche a diventare, auspicabilmente, il motore dello sviluppo dello stesso e delle applicazioni pratiche derivabili.

Le diverse fasi formative e di supporto prevedibili possono essere riassunte in:

1. Corsi di formazione da tenersi centralmente che analizzeranno gli aspetti prettamente teorici del modello, l'architettura del sistema ed il funzionamento del software con esempi pratici. Docenti: ERSAF, DGA, consulenti. Partecipanti: funzionari tecnici delle Amministrazioni Provinciali.
2. Incontri da organizzarsi presso le singole sedi provinciali nel momento in cui si accingeranno a far girare le prime volte il modello per il calcolo delle tipologie forestali. Personale coordinato da ERSAF appositamente formato affiancherà i tecnici provinciali.
3. Supporto tecnico alle Amm. Provinciali telefonico o, in via eccezionale, in loco per la risoluzione di problematiche ordinarie/straordinarie sorte nell'attività gestionale o in fase di aggiornamento software.

Le attività di cui al punto 1 e 2 si intendono chiuse al termine del primo anno di attività (2006). Per quanto concerne l'attività 3 si considera di tipo continuativo per tutta la durata prevista dall'incarico.

## 11 BIBLIOGRAFIA

- AAVV, 2005. Mappatura delle specie arboree del Parco del Ticino mediante Telerilevamento Iperspettrale. CONSORZIO Parco Lombardo della Valle del Ticino, Regione Lombardia.
- ABBATE G., SCOPPOLA A., 1988 Scale di rappresentazione nella cartografia della vegetazione. Boll. Ass. Ital. Cart. 72-73-74: 21-32
- CARRIERO A., SCRINZI G., TABACCHI G., TOSI V., WEGER W., 1998. GARDEN: procedura di integrazione tra GIS e sistema esperto per la stima del valore turistico-ricreativo degli ambiti naturali. Comunicazioni di ricerca ISAF, 97/1
- CARRIERO A., ODASSO M., SOTTOVIA L., 2002. Un modello per la rappresentazione cartografica automatizzata dei tipi forestali nell'altopiani di Pinè. Provincia Autonoma di Trento, Servizio Foreste.
- DEL FAVERO R., 2001 - Progetto boschi del Parco regionale dei Colli Euganei. - Ente Parco Colli Euganei, Este, 212 pp.
- FERRARI C., D'ANTUONO L.F., 1981. Misura del legame tra tipi di vegetazione e fattori ambientali mediante sovrapposizione cartografica. In La cartografia della vegetazione per la gestione del territorio. Regione Emilia-Romagna, C.N.R. AC/1/129: 131-144
- JONES, K., D. MEIDINGER, D. CLARK E F. SCHULTZ, 1999. Towards the Establishment of Predictive Ecosystem Mapping Standards: A White Paper. 1<sup>st</sup> Approximation. TEM Alternatives Task Force, Resource Inventory Committee, Victoria, BC (Canada).
- MEIDINGER D., B. ENNS, A. BANNER, C. JONES E S. REED, 2000. EcoGen – A Model for Predictive Ecosystem Mapping. EcoNote 2000-1.
- PIROLA A., 1978. Cartografia della vegetazione: definizioni, tipi e convenzioni. C.N.R. Coll. Progr. Final. Promozione della qualità dell'ambiente. Metodi di cartografia geo-ambientale e di cartografia della vegetazione. AC/1/13: 27-44
- PIROLA A., FERRARI C., PAVESI A., 1988. Deduzione di cambiamenti della vegetazione attraverso il confronto cartografico. Boll. Ass. Ital. Cart. 72-73-74: 631-636
- PUPPI G., ZANOTTI A.L., 1989. Modelli di interpolazione spaziale in cartografia fitosociologica. Arch. Bot. Biogeogr. Ital. 65(3-4): 166-17
- ROSSITER D.G., 2004. Technical note.: Statistical methods for accuracy assessment of classified thematic maps. ITC, Enschede (NL).
- TANSLEY D.S.W., HAYBALL C.C., 1993. Knowledge-based system analysis and design.
- TURCO S., NAPOLITANO R., ALBERTI G., ALTOBELLI A., BONFANTI P., 2004. Analisi delle relazioni tra variabili ecologiche e tipologie forestali in aree montane: un caso di studio. Conferenza utenti italiani di GRASS. Padova febbraio 2004.
- ZIMMERMANN, 1987. Fuzzy Sets, Decision Making and Expert Systems. Kluwer Academic Publisher

## 12 Allegato 1: il metodo di elaborazione dei dati di copertura arboreo – arbustiva della carta geoambientale

Della carta geoambientale si utilizzano gli strati informativi

- **sc\_geo - specie legnose** ovvero una serie di punti, ad ognuno dei quali è associata una stringa di testo riportante un elenco di specie legnose; uno o più di questi punti sono associati ad uno dei poligoni dello strato nu\_ctrgeo.
- **nu\_ctrgeo - aree agricole e boschive, non coltivato, aree sterili, rocce** ovvero tutte le sottoclassi di uso del suolo appartenenti alle classi boschi, prati o pascoli, vegetazione naturale, vegetazione incolta, seminativi, legnose agrarie, aree sterili e affioramenti litoidi.

I punti di sc\_geo riportano informazioni sulla copertura arborea riassunte in una stringa di testo che riporta la sigla delle specie (es. Ld, Pa, Fs = Larix decidua, Picea abies, Fagus sylvatica).

Tali dati vengono utilizzati per cercare

I dati delle percentuali delle specie sono ricavati dalle etichette dei punti tramite una procedura di ponderazione a due livelli.

La procedura prevede innanzitutto il calcolo un peso per ogni specie riportata nelle etichette dell'insieme dei punti ricadenti all'interno di ogni poligono, in relazione alla posizione in cui compaiono nella stringa (1, 0.7, 0.5, 0.3, 0.2, 0.1, 0.1 rispettivamente per le posizioni dalla 1 alla 7). Ad ogni specie viene quindi attribuita una percentuale dividendo il proprio peso complessivo per la somma dei pesi di tutte le specie.

Il poligono viene poi suddiviso in sottopoligoni, ognuno dei quali afferenti al punto - etichetta più vicino. Come per i poligoni anche per ogni sottopoligono viene calcolato prima un peso e poi una percentuale da attribuire ad ogni singola specie.

La percentuale definitiva da attribuire ad ogni singola specie per ogni sottopoligono, è calcolata in base al numero dei pixel che costituiscono ogni sottopoligono rispetto al numero dei pixel dell'intero poligono. Più piccolo è il sottopoligono rispetto al poligono, più pesano i dati dell'etichetta presente all'interno del sottopoligono, viceversa, più grande è il sottopoligono più pesano i dati dell'intero poligono;

$$\%Sp1 = \%Sp1SP \times ((NpixTot - NpixSP) / NpixTot) + \%Sp1T \times (NpixSP / NpixTot)$$

%Sp1 = Percentuale della specie

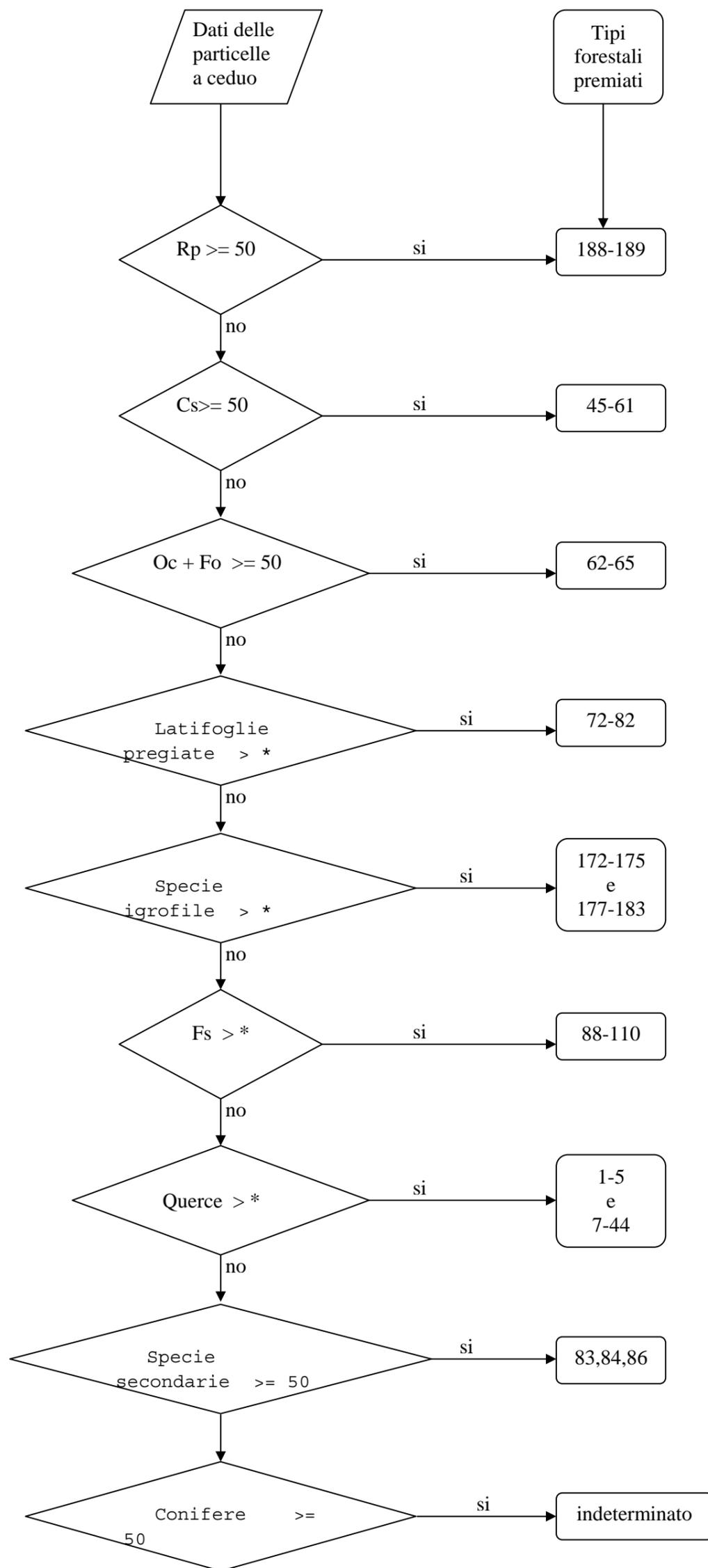
%Sp1T = Percentuale della specie calcolata sull'intero poligono

%Sp1SP = Percentuale della specie calcolata sul sottopoligono

NpixTot =Numero di pixel che compongono l'intero poligono  
NpixSP =Numero di pixel che compongono il sottopoligono

## **13 Allegato 2: la procedura di elaborazione dei dati dei Piani economici**

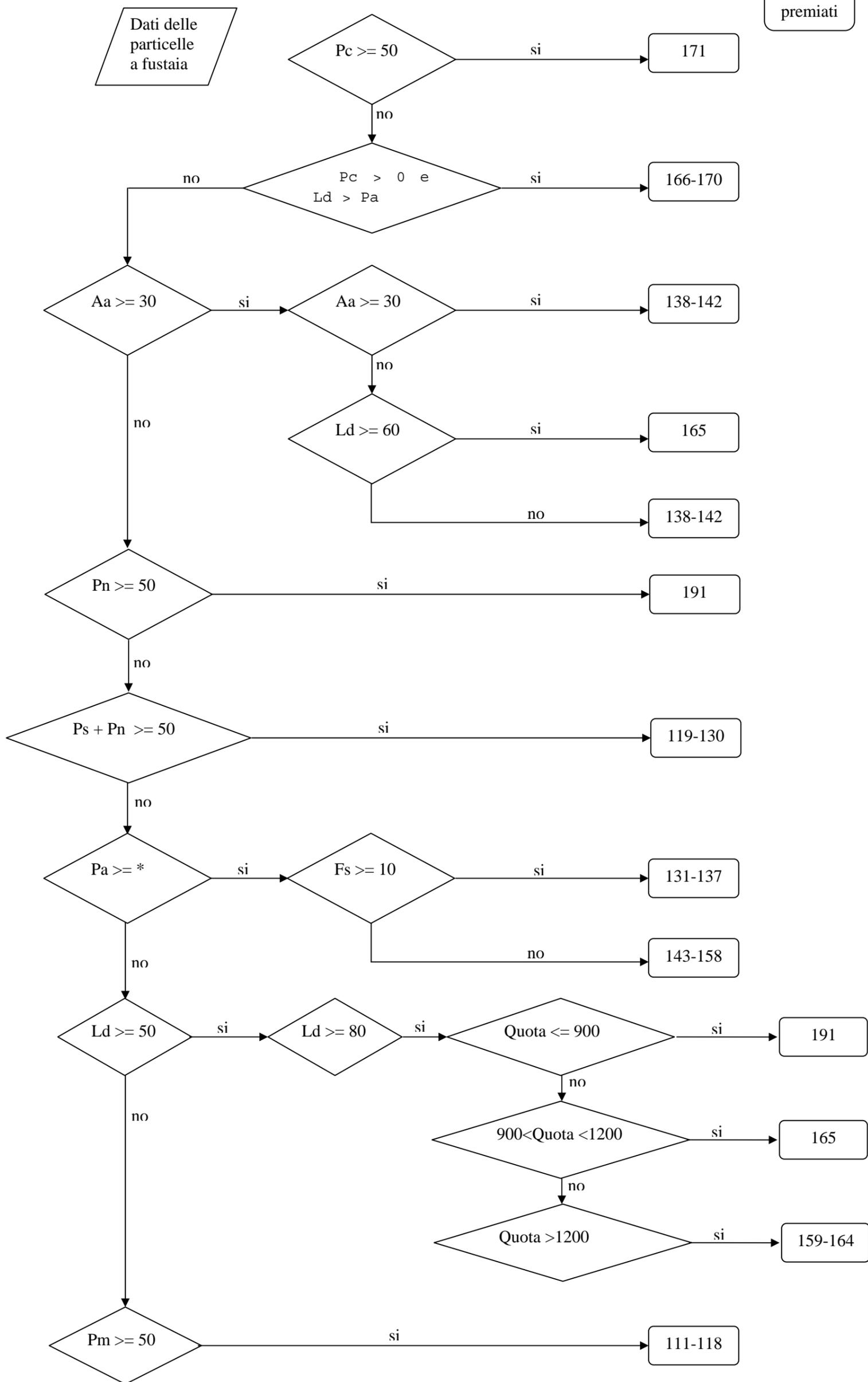
**a) La procedura per le particelle a ceduo**



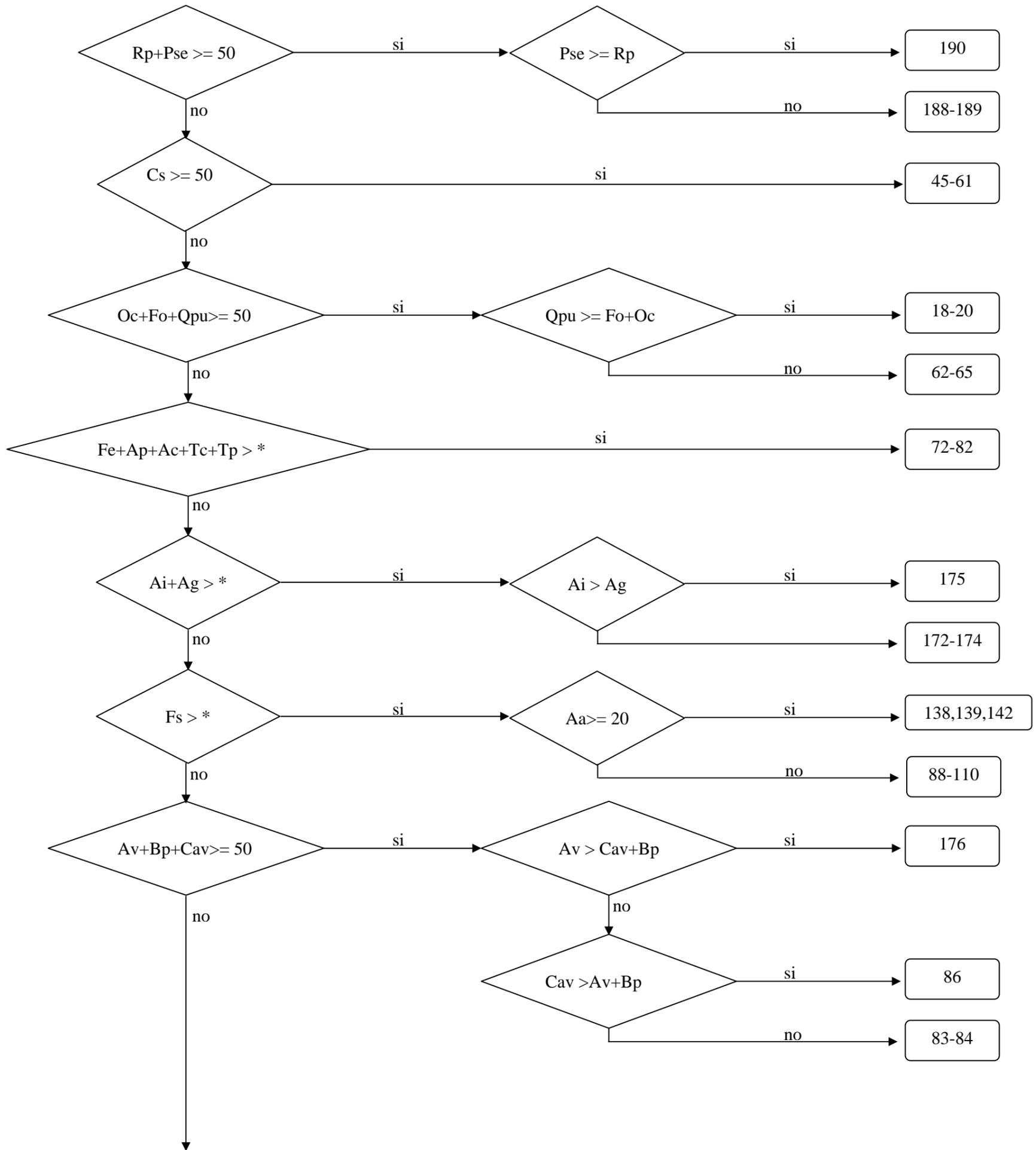
\* di ogni altra singola specie

**b) La procedura per le particelle a fustaia**

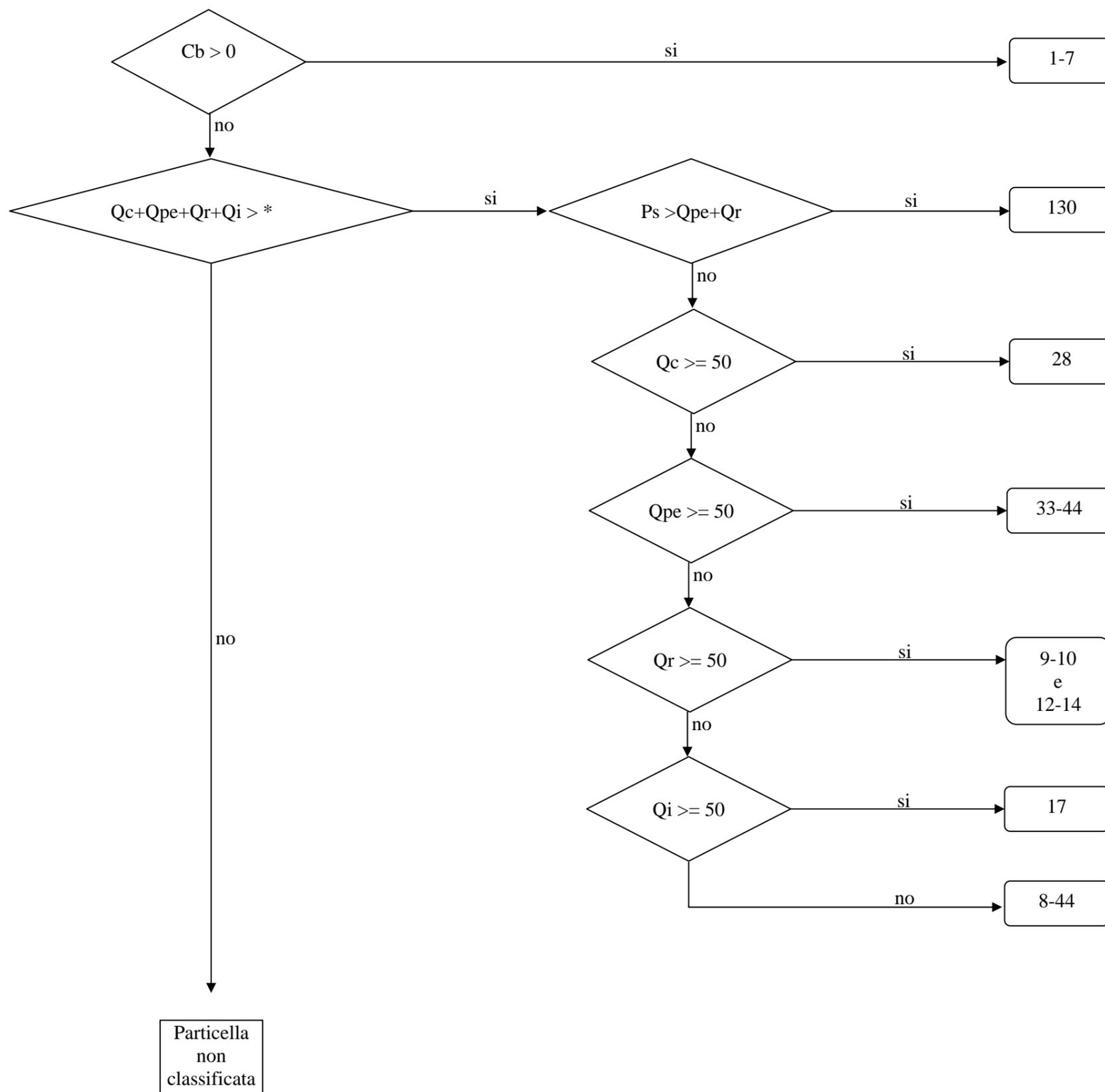
Tipi forestali premiati



**b) La procedura per le particelle a fustaia (segue)**



**b) La procedura per le particelle a fustaia (segue)**



## 14 Allegato 3: Specifiche tecniche di redazione della Carta dei tipi forestali nei Piani di Indirizzo Forestale

### 14.1 Premessa

La Regione Lombardia persegue la coerenza nella redazione della cartografia forestale, in funzione di ciò, le carte dei tipi forestali dei piani di indirizzo forestale (o di altri elaborati, es PdA) dovranno essere redatte secondo criteri che ne permettano la confrontabilità e l'integrazione.

### 14.2 Nomenclatura dei tipi forestali

La nomenclatura dei tipi forestali deve rigorosamente seguire la classificazione dei tipi forestali adottata dalla Regione Lombardia (Del Favero et al). Il tipo forestale di riferimento è l'unità qualitativa minima da discriminare in fase di redazione della carta, le varianti sono, per ora, facoltative.

La tabella 1, elenco dei codici, riassume le definizioni e la nomenclatura da adottare. Di seguito vengono riportate le voci contenute nell'allegato:

- CATEGORIA FORESTALE, riporta il nome della categoria a cui appartiene la tipologia; CODICE CATEGORIA, è un codice di due lettere per l'identificazione qualitativa della categoria;
- COLORE DI LEGENDA, ogni categoria è associata ad un differente colore, da rispettare in fase di redazione, per consentire la distinzione quantitativa delle categorie;
- SOTTOCATEGORIA, riporta il nome della eventuale sottocategoria a cui appartiene la tipologia (solo alcune categorie sono smembrate in più sottocategorie); CODICE SOTTOCATEGORIA, è un codice di due lettere + un numero progressivo per l'identificazione qualitativa della sottocategoria;
- TIPO FORESTALE, vi sono i nomi di tutti i tipi forestali della classificazione ufficiale dei Tipi forestali della Lombardia.
- CODICE TIPO, è un codice per l'identificazione univoca dei tipi forestali. Le prime due lettere identificano la categoria di appartenenza, il primo numero si riferisce alla sottocategoria e il secondo numero rappresenta il tipo o sottotipo La lettera finale identifica:
  - o con X il tipo forestale di riferimento
  - o con A, B, C, D..., le eventuali varianti.

o Tabella 1, elenco dei codici

CATEGORIA FORESTALE	CODICE CATEGORIA	LEGENDA	SOTTOCATEGORIA	CODICE SOTTOCATEGORIA	TIPOLOGIA FORESTALE	CODICE TIPOLOGIA			
Quercu-carpineti e carpineti	QC			QC1	Quercu-carpinetu della bassa pianura	<b>QC10X</b>			
					Quercu-carpinetu della bassa pianura var. orientale	QC10A			
					Quercu-carpinetu dell'alta pianura	<b>QC11X</b>			
					Quercu-carpinetu dell'alta pianura var. alluvionale	QC11A			
					Quercu-carpinetu collinare di rovere e/o farnia	<b>QC12X</b>			
					Carpinetu con ostria	<b>QC13X</b>			
					Carpinetu con ostria var. con cerro	QC13A			
Querceti	QR		Querceti su substrati sciolti	QR1	Quercetu primitivo di rovere su falda detritica	<b>QR10X</b>			
					Quercetu di rovere e/o farnia delle cerchie moreniche occidentali	<b>QR11X</b>			
					Quercetu di rovere e/o farnia del pianalto	<b>QR12X</b>			
					Quercetu di rovere e/o farnia del pianalto var. con carpino bianco	QR12A			
					Quercetu di farnia dei dossi sabbiosi	<b>QR13X</b>			
					Quercetu di farnia dei greti ciottolosi	<b>QR14X</b>			
					Quercetu di farnia con olmo	<b>QR15X</b>			
					Quercetu di farnia con olmo var. con ontano nero	QR15A			
			Quercetu di farnia con olmo var. ad arbusti del mantello	QR15B					
			Querceti su substrati carbonatici	QR2			QR2	Lecceta primitiva	<b>QR20X</b>
								Quercetu primitivo di roverella a scotano	<b>QR21X</b>
								Quercetu primitivo di roverella a scotano var. a bosso	QR21A
								Quercetu di roverella dei substrati carbonatici	<b>QR22X</b>
								Quercetu di roverella dei substrati carbonatici var. a erica arborea	QR22A
								Quercetu di roverella dei substrati carbonatici var. con cerro	QR22B
								Quercetu di roverella dei substrati carbonatici var. con castagno	QR22C
								Quercetu di roverella dei substrati carbonatici var. con carpino bianco	QR22D
								Quercetu di roverella dei substrati carbonatici var. con faggio	QR22E
								Quercetu di rovere dei substrati carbonatici dei suoli mesici	<b>QR23X</b>
Quercetu di rovere dei substrati carbonatici dei suoli mesici var. con castagno	QR23A								
Cerreta	<b>QR24X</b>								

					Cerreta var. con roverella	QR24A
					Cerreta var. in successione con faggeta	QR24B
					Cerreta var. alpina	QR24C
					Cerreta var. delle cerchie moreniche orientali	QR24D
			Querceti su substrati silicatici	QR3	Querceto di rovere dei substrati silicatici dei suoli xerici	<b>QR30X</b>
					Querceto di rovere dei substrati silicatici dei suoli xerici var. primitiva	QR30A
					Querceto di rovere dei substrati silicatici dei suoli xerici var. a erica arborea	QR30B
					Querceto di rovere dei substrati silicatici dei suoli xerici var. con ostria	QR30C
					Querceto di rovere dei substrati silicatici dei suoli xerici var. con bagolaro	QR30D
					Querceto di rovere dei substrati silicatici dei suoli xerici var. con betulla	QR30E
					Querceto di rovere dei substrati silicatici dei suoli xerici var. con pino silvestre	QR30F
					Querceto di rovere dei substrati silicatici dei suoli xerici var. con castagno	QR30G
					Querceto di rovere dei substrati silicatici dei suoli xerici var. con faggio	QR30H
					Querceto di rovere dei substrati silicatici dei suoli mesici	<b>QR31X</b>
					Querceto di rovere dei substrati silicatici dei suoli mesici var. con tigli	QR31A
					Querceto di rovere dei substrati silicatici dei suoli mesici var. con faggio	QR31B
Castagneti	CA		Castagneti su substrati sciolti	CA1	Castagneto di falda detritica	<b>CA10X</b>
					Castagneto delle cerchie moreniche occidentali	<b>CA11X</b>
					Castagneto delle cerchie moreniche occidentali var. con farnia	CA11A
			Castagneti su substrati carbonatici	CA2	Castagneto dei substrati carbonatici dei suoli xerici	<b>CA20X</b>
					Castagneto dei substrati carbonatici dei suoli mesoxerici	<b>CA21X</b>
					Castagneto dei substrati carbonatici dei suoli mesici	<b>CA22X</b>
					Castagneto dei substrati carbonatici dei suoli mesici var. ad agrifoglio	CA22A
			Castagneti su substrati silicatici	CA3	Castagneto dei substrati silicatici dei suoli xerici	<b>CA30X</b>
					Castagneto dei substrati silicatici dei suoli mesoxerici	<b>CA31X</b>
					Castagneto dei substrati silicatici dei	CA31A

					suoli mesoxerici var. con tigli	
					Castagneto dei substrati silicatici dei suoli mesoxerici var. con rovere	CA31B
					Castagneto dei substrati silicatici dei suoli mesoxerici var. con larice	CA31C
					Castagneto dei substrati silicatici dei suoli mesici	<b>CA32X</b>
					Castagneto dei substrati silicatici dei suoli mesici var. mesoidrica	CA32A
					Castagneto dei substrati silicatici dei suoli mesici var. con tigli	CA32B
					Castagneto dei substrati silicatici dei suoli mesici var. ad agrifoglio	CA32C
					Castagneto dei substrati silicatici dei suoli mesici var. con larice	CA32D
Orno-ostrieti	OO			OO1	Orno-ostrieto primitivo di forra	<b>OO10X</b>
					Orno-ostrieto primitivo di rupe	<b>OO11X</b>
					Orno-ostrieto primitivo di falda detritica	<b>OO12X</b>
					Orno-ostrieto tipico	<b>OO13X</b>
					Orno-ostrieto tipico var. con leccio	OO13A
					Orno-ostrieto tipico var. con cerro	OO13B
					Orno-ostrieto tipico var. con faggio	OO13C
					Orno-ostrieto tipico var. con pino silvestre	OO13D
					Orno-ostrieto tipico var. con carpino bianco	OO13E
					Orno-ostrieto tipico var. con tigli	OO13F
Aceri-frassineti ed aceri-tiglieti	AF			AF1	Aceri-frassineto con ostra	<b>AF10X</b>
					Aceri-frassineto tipico	<b>AF11X</b>
					Aceri-frassineto tipico var. con rovere	AF11A
					Aceri-frassineto tipico var. con tigli	AF11B
					Aceri-frassineto tipico var. ad agrifoglio	AF11C
					Aceri-frassineto tipico var. con carpino bianco	AF11D
					Aceri-frassineto tipico var. con ontano nero	AF11E
					Aceri-frassineto con faggio	<b>AF12X</b>
					Aceri-frassineto con faggio var. con tigli	AF12A
					Aceri-frassineto con ontano bianco	<b>AF13X</b>
Aceri-tiglieto	<b>AF14X</b>					
Betuleti e corileti	BC			BC1	Betuleto primitivo	<b>BC10X</b>
					Betuleto secondario	<b>BC11X</b>
					Betuleto secondario var. del pianalto	BC10A
					Corileto	<b>BC10X</b>
					Corileto var. dei suoli xerici	BC10A
Faggete	FA		Faggete azonali	FA1	Faggeta primitiva di rupe	<b>FA10X</b>
			Faggete submontane	FA2	Faggeta submontana dei substrati carbonatici	<b>FA20X</b>
					Faggeta submontana dei substrati carbonatici var. con tasso	FA20A
					Faggeta submontana dei substrati carbonatici var. con pino silvestre	FA20B

				Faggeta submontana dei substrati carbonatici var. con cerro	FA20C
				Faggeta submontana dei substrati carbonatici var. dei suoli mesici	FA20D
				Faggeta submontana dei substrati silicatici	<b>FA21X</b>
				Faggeta submontana dei substrati silicatici var. con castagno	FA21A

Faggete	FA		Faggete montane	FA3	Faggeta montana dei substrati carbonatici dei suoli xerici	<b>FA30X</b>
					Faggeta montana dei substrati carbonatici tipica	<b>FA31X</b>
					Faggeta montana dei substrati carbonatici tipica var. con abete rosso	FA31A
					Faggeta montana dei substrati silicatici dei suoli mesici	<b>FA32X</b>
					Faggeta montana dei substrati silicatici dei suoli mesici var. con abete rosso	FA32A
					Faggeta montana dei substrati silicatici dei suoli mesici var. su substrati serpentinosi	FA32B
					Faggeta montana dei substrati silicatici dei suoli acidi	<b>FA33X</b>
					Faggeta montana dei substrati silicatici dei suoli acidi var. ad agrifoglio	FA33A
			Faggeta montana dei substrati silicatici dei suoli acidi var. con pino silvestre	FA33B		
			Faggete altimontane	FA4	Faggeta altimontana dei substrati carbonatici	<b>FA40X</b>
					Faggeta altimontana dei substrati carbonatici var. con abete rosso	FA40A
					Faggeta altimontana dei substrati carbonatici var. con larice	FA40B
					Faggeta altimontana dei substrati carbonatici var. dei suoli decalcificati	FA40C
					Faggeta altimontana dei substrati carbonatici var. subalpina	FA40D
Faggeta altimontana dei substrati silicatici	<b>FA41X</b>					
Mughete	MG			MG1	Mugheta macroterma	<b>MG10X</b>
					Mugheta mesoterma	<b>MG11X</b>
					Mugheta mesoterma var. esomesalpica	MG11A
					Mugheta mesoterma var. mesoendalpica	MG11B
					Mugheta microterma dei substrati carbonatici	<b>MG12X</b>
					Mugheta microterma dei substrati carbonatici var. dei suoli decalcificati	MG12A
					Mugheta microterma dei substrati silicatici	<b>MG13X</b>
					Mugheta microterma dei substrati silicatici var. a sfagni	MG13A
Pinete di pino silvestre	PS			PS1	Pineta di pino silvestre primitiva di rupe	<b>PS10X</b>
					Pineta di pino silvestre primitiva di falda detritica	<b>PS11X</b>

				Pineta di pino silvestre dei substrati carbonatici	<b>PS12X</b>
				Pineta di pino silvestre dei substrati carbonatici var. appenninica	PS12A
				Pineta di pino silvestre dei substrati carbonatici var. endalpica	PS12B
				Pineta di pino silvestre dei substrati silicatici submontana	<b>PS13X</b>
				Pineta di pino silvestre dei substrati silicatici montana	<b>PS14X</b>
				Pineta di pino silvestre dei substrati silicatici montana var. con abete rosso	PS14A
				Pineta di pino silvestre dei substrati silicatici montana var. con faggio	PS14B
				Pineta di pino silvestre dei substrati silicatici montana var. con abete bianco	PS14C
				Pineta di pino silvestre dei substrati silicatici montana var. altimontana	PS14D
				Pineta di pino silvestre planiziale	<b>PS15X</b>
Piceo-faggeti	PF		PF1	Piceo-faggeto dei substrati carbonatici	<b>PF10X</b>
				Piceo-faggeto dei substrati carbonatici var. dei suoli xerici	PF10A
				Piceo-faggeto dei substrati carbonatici var. con larice	PF10B
				Piceo-faggeto dei substrati silicatici	<b>PF11X</b>
				Piceo-faggeto dei substrati silicatici var. dei suoli xerici	PF10A
				Piceo-faggeto dei substrati silicatici var. con abete bianco	PF10B
				Piceo-faggeto dei substrati silicatici var. con larice	PF10C
Abieteti	AB		AB1	Abieteti esalpico	<b>AB10X</b>
				Abieteti dei substrati carbonatici	<b>AB11X</b>
				Abieteti dei suoli mesici	<b>AB12X</b>
				Abieteti dei substrati silicatici tipico	<b>AB13X</b>
				Abieteti dei substrati silicatici con faggio	<b>AB14X</b>
Peccete	PE		PE1	Pecceta altimontana dei substrati carbonatici	<b>PE10X</b>
				Pecceta altimontana dei substrati carbonatici var. subalpina	PE10A
				Pecceta montana dei substrati silicatici dei suoli xerici	<b>PE11X</b>
				Pecceta montana dei substrati silicatici dei suoli xerici var. con pino silvestre	PE11A
				Pecceta montana dei substrati silicatici dei suoli mesici	<b>PE12X</b>
				Pecceta altimontana e subalpina dei substrati silicatici dei suoli xerici	<b>PE13X</b>
				Pecceta altimontana e subalpina dei substrati silicatici dei suoli mesici	<b>PE14X</b>
				Pecceta altimontana e subalpina dei substrati silicatici dei suoli mesici var. con pino cembro	PE14A
				Pecceta altimontana e subalpina dei substrati silicatici dei suoli mesici var. a sfagni	PE14B
				Pecceta azonale su alluvioni	<b>PE15X</b>

					Pecceta secondaria montana	<b>PE16X</b>			
					Pecceta secondaria montana var. altimontana	<b>PE17X</b>			
					Pecceta di sostituzione	<b>PE18X</b>			
					Pecceta di sostituzione var. con ostria	PE18A			
					Pecceta di sostituzione var. dei substrati calcarei alterabili	PE18B			
					Pecceta di sostituzione var. dei suoli acidi	PE18C			
Lariceti, larici-cembrete e cembrete	LC			LC1	Lariceto primitivo	<b>LC10X</b>			
					Lariceto tipico	<b>LC11X</b>			
					Lariceto tipico var. a megaforbie	LC11A			
					Lariceto tipico var. a sfagni	LC11B			
					Lariceto tipico var. montana	LC11C			
					Lariceto tipico var. con abete bianco	LC11D			
					Lariceto in successione con pecceta	<b>LC12X</b>			
					Larici-cembrete primitivo	<b>LC13X</b>			
					Larici-cembrete tipico	<b>LC14X</b>			
					Larici-cembrete tipico var. con ontano verde	LC14A			
					Larici-cembrete tipico var. mesalpica	LC14B			
					Larici-cembrete con abete rosso	<b>LC15X</b>			
					Cembrete	<b>LC16X</b>			
Alneti	AL			AL1	Alneto di ontano nero d'impluvio	<b>AL10X</b>			
					Alneto di ontano nero tipico	<b>AL11X</b>			
					Alneto di ontano nero perilacustre	<b>AL12X</b>			
					Alneto di ontano bianco	<b>AL13X</b>			
					Alneto di ontano verde	<b>AL14X</b>			
Formazioni particolari	FP		Saliceti	FP1	Saliceto di ripa	<b>FP10X</b>			
					Saliceto di greto	<b>FP11X</b>			
					Saliceto a Salix caprea	<b>FP12X</b>			
					Saliceto a Salix cinerea	<b>FP13X</b>			
					Saliceto a Salix appendiculata	<b>FP14X</b>			
			Saliceto a Salix glabra	<b>FP15X</b>					
			Altre formazioni	FP2				Formazioni di pioppo bianco	<b>FP20X</b>
								Formazioni di pioppo tremulo	<b>FP21X</b>
								Formazioni di maggiociondolo alpino	<b>FP22X</b>
								Formazioni di sorbo degli uccellatori	<b>FP23X</b>
Formazioni a olivello spinoso	<b>FP24X</b>								
Formazioni antropogene	FA			FA1	Robiniето puro	<b>FA10X</b>			
					Robiniето misto	<b>FA11X</b>			
					Formazioni di ciliegio tardivo	<b>FA12X</b>			
					Rimboschimenti di conifere	<b>FA13X</b>			
					Rimboschimenti di latifoglie	<b>FA14X</b>			
*Neoformazioni (N8)	NF			NF1	Zone di recente invasione arboreo-arbustiva nella serie del "nome tipologia potenziale"	<b>NF10X</b>			

## 14.3 Informatizzazione dei dati

Il formato digitale della "Carta dei Tipi forestali" deve essere coerente con i dettami già predisposti nei criteri tecnico-amministrativi per la redazione dei PIF

"...al fine di permettere la trasposizione dei dati dei Piani (nel sistema informativo del Polo territoriale), è indispensabile fornire una copia di tutti i Piani anche su **supporto informatico** (CD-ROM). Le caratteristiche informatiche del materiale fornito devono essere le seguenti:

Testi - i file contenenti testi, preferibilmente in formato Word con estensione: **.doc**, **.rtf**, **.txt** , oppure file in formato Word per Mcintosh **.mcw**

Tabelle e dati - i file contenenti tabelle e dati in formato Excel o Access con estensione: **.xls**, **.mdb**, **.dbf** .

Per il sistema Mcintosh file con estensione **.csv** e per il programma Quattro Pro per MS -DOS **.wq1**

Dati geografici e tavole - per chi fosse in possesso di un programma GIS , consegnni gli shapefile per le features geometriche ed eventualmente, qualora esistessero, i files in formato **.eps** per i layout grafici.

In alternativa, per chi fosse in possesso di AUTOCAD, file con estensione **.dxf** ."

Specificatamente per le *features* geometriche che rappresentano unità tipologiche o di categoria forestale, ricordiamo che esse devono essere:

- di tipo poligonale
- rigorosamente chiuse
- senza sovrapposizioni o spazi vuoti tra loro (ad esclusione di laddove il bosco perde la sua naturale continuità)
- georeferenziati secondo il medesimo sistema di coordinate delle CTR10.

I confini dei poligoni di bosco dovranno inoltre rispettare i limiti regionali, idrografici (idrografia principale) e urbani della Carta dell'uso del suolo (DUSAF 1:10.000).

Ai poligoni deve essere associato un database, in formato excel o DBF4 o DBF3, riportante, per ogni poligono, quattro campi:

- CODICE CATEGORIA FORESTALE
- CODICE TIPO FORESTALE
- ETEROGENEITÀ DELL'AREA
- NOTE

Tutti i 4 campi sono da realizzare come "stringhe" e non come "numeri", i caratteri devono essere tutti in maiuscolo. Le note sono accettate ma non necessarie, i codici da utilizzare sono quelli riportati in allegato 1, come titoli dei campi si utilizzano quelli nell'elenco sopra riportato.

L'eterogeneità dell'area è una misura, pragmatica e soggettiva del rilevatore, di quanto quel poligono ascriva in se un solo e certo tipo forestale: laddove l'area si presenta particolarmente mosaicata si attribuisce valore 1, in caso di omogeneità tipologica si attribuisce valore 0.

## **15 Allegato 4: le schede di sintesi dei risultati**

### **15.1 Contenuto delle schede**

Di seguito sono riportate le schede riepilogative dei dati ottenuti dal presente lavoro.

Le schede sono relative a ciascuna area di indagine contengono:

- alla prima pagina, un estratto cartografico della carta dei tipi forestali ecologicamente coerenti e dei tipi reali (in scala grafica)
- alla seconda pagina, una tabella con la distribuzione dei tipi forestali
- alla terza pagina i dati relativi alla stima dell'accuratezza (matrice di confusione, parametri di accuratezza e note).

Sono quindi riportate le schede di riepilogo dei dati a livello regionale che riportano la distribuzione delle categorie forestali per la zona montana e per la zona di pianura e la stima della accuratezza calcolata su tutto il territorio regionale.

Con il termine "formazioni preforestali", si intendono le aree individuate come categoria N8b dall'elaborato di base per la definizione delle aree boscate, per le quali viene indicato come probabile obiettivo delle dinamiche evolutive il tipo ecologicamente coerente con la stazione.

### **15.2 Legenda**

Le rappresentazioni cartografiche di seguito riportate in scala grafica sono state redatte con la legenda delle categorie forestali riportata in figura e coerente con quella proposta nel manuale dei codici e protocolli. Infatti, l'esiguità della scala di stampa non consente una rappresentazione a livello di tipologia, per la quale si rimanda agli allegati cartografici o al formato digitale.

## Legenda

### Tipologie forestali

	<i>Quercia-carpino della bassa pianura</i>		<i>Pineta di pino silvestre primitiva di rupe</i>
	<i>Quercia-carpino della bassa pianura var. orientale</i>		<i>Pineta di pino silvestre primitiva di falda detritica</i>
	<i>Quercia-carpino della alta pianura</i>		<i>Pineta di pino silvestre dei substrati carbonatici</i>
	<i>Quercia-carpino della alta pianura var. alluvionale</i>		<i>Pineta di pino silvestre dei substrati silicatici submontana</i>
	<i>Quercia-carpino collinare di rovere e/o farnia</i>		<i>Pineta di pino silvestre dei substrati silicatici montana</i>
	<i>Carpino con ostra</i>		<i>Pineta di pino silvestre pianiziale</i>
	<i>Querceto primitivo di rovere su falda detritica</i>		<i>Piceo-faggio dei substrati carbonatici</i>
	<i>Querceto di rovere e/o farnia delle cerchie moreniche occidentali</i>		<i>Piceo-faggio dei substrati silicatici</i>
	<i>Querceto di rovere e/o farnia del pianato</i>		<i>Abeteto esapico</i>
	<i>Querceto di farnia dei dossi sabbiosi</i>		<i>Abeteto dei substrati carbonatici</i>
	<i>Querceto di farnia dei greti ciottolosi</i>		<i>Abeteto dei suoli mesici</i>
	<i>Querceto di farnia con olmo</i>		<i>Abeteto dei substrati silicatici tipici</i>
	<i>Lecceta primitiva</i>		<i>Abeteto dei substrati silicatici con faggio</i>
	<i>Querceto primitivo di roverella a scotano</i>		<i>Pecceta altimontana dei substrati carbonatici</i>
	<i>Querceto di roverella dei substrati carbonatici</i>		<i>Pecceta montana dei substrati silicatici dei suoli xerici</i>
	<i>Querceto di rovere dei substrati carbonatici dei suoli mesici</i>		<i>Pecceta montana dei substrati silicatici dei suoli mesici</i>
	<i>Cerreta</i>		<i>Pecceta altimontana e subalpina dei substrati silicatici dei suoli xerici</i>
	<i>Querceto di rovere dei substrati silicatici dei suoli xerici</i>		<i>Pecceta altimontana e subalpina dei substrati silicatici dei suoli mesici</i>
	<i>Querceto di rovere dei substrati silicatici dei suoli mesici</i>		<i>Pecceta azonale su alluvioni</i>
	<i>Castagno di falda detritica</i>		<i>Pecceta secondaria montana</i>
	<i>Castagno delle cerchie moreniche occidentali</i>		<i>Pecceta di sostituzione</i>
	<i>Castagno dei substrati silicatici dei suoli xerici</i>		<i>Lariceto primitivo</i>
	<i>Castagno dei substrati silicatici dei suoli mesoxerici</i>		<i>Lariceto tipico</i>
	<i>Castagno dei substrati silicatici dei suoli mesici</i>		<i>Lariceto in successione</i>
	<i>Castagno dei substrati carbonatici dei suoli xerici</i>		<i>Larici-cembreto primitivo</i>
	<i>Castagno dei substrati carbonatici dei suoli mesoxerici</i>		<i>Larici-cembreto tipico</i>
	<i>Castagno dei substrati carbonatici dei suoli mesici</i>		<i>Larici-cembreto con abete rosso</i>
	<i>Orno-ostrieto primitivo di rupe</i>		<i>Cembreto</i>
	<i>Orno-ostrieto primitivo di forra</i>		<i>Alneto di ontano nero d'impiuvio</i>
	<i>Orno-ostrieto primitivo di falda detritica</i>		<i>Alneto di ontano nero tipico</i>
	<i>Orno-ostrieto tipico</i>		<i>Alneto di ontano nero periacustre</i>
	<i>Orno-ostrieto tipico var. con leccio</i>		<i>Alneto di ontano bianco</i>
	<i>Aceri-frassineto con ostra</i>		<i>Alneto di ontano verde</i>
	<i>Aceri-frassineto tipico</i>		<i>Saliceto di ripa</i>
	<i>Aceri-frassineto con faggio</i>		<i>Saliceto a Salk caprea</i>
	<i>Aceri-frassineto con ontano bianco</i>		<i>Saliceto a Salk cinerea</i>
	<i>Aceri-tiglio</i>		<i>Saliceto a Salk appendiculata</i>
	<i>Betuleto primitivo</i>		<i>Saliceto a Salk glabra</i>
	<i>Betuleto secondario</i>		<i>Formazioni di pioppo bianco</i>
	<i>Corileto</i>		<i>Formazioni di pioppo tremulo</i>
	<i>Faggeta primitiva di rupe</i>		<i>Formazioni di maggiociondolo alpino</i>
	<i>Faggeta submontana dei substrati carbonatici</i>		<i>Formazioni di sorbo degli uccellatori</i>
	<i>Faggeta submontana dei substrati carbonatici var. dei suoli mesici</i>		<i>Robinetto puro</i>
	<i>Faggeta submontana dei substrati silicatici</i>		<i>Robinetto misto</i>
	<i>Faggeta montana dei substrati carbonatici dei suoli xerici</i>		<i>Formazioni di ciliegio tardivo</i>
	<i>Faggeta montana dei substrati carbonatici tipica</i>		<i>Rimboschimenti di conifere</i>
	<i>Faggeta montana dei substrati silicatici dei suoli mesici</i>		<i>Rimboschimenti di latifoglie</i>
	<i>Faggeta montana dei substrati silicatici dei suoli acidi</i>		<b>Are boscate non classificate</b>
	<i>Faggeta altimontana dei substrati carbonatici</i>		
	<i>Faggeta altimontana dei substrati silicatici</i>		
	<i>Mugheta macroterma</i>		
	<i>Mugheta mesoterma</i>		
	<i>Mugheta mikroterma dei substrati carbonatici</i>		
	<i>Mugheta mikroterma dei substrati silicatici</i>		

Le tipologie di ugual colore possono essere distinte nella versione digitale della carta.  
Le varianti delle diverse tipologie attualmente non sono state discriminate.

Base topografica: CTR 1:50.000, Regione Lombardia

**Figura 8 – legenda delle carte tipologiche**

## 15.3 Il dato di accuratezza

Le schede di presentazione di ogni area riportano informazioni relative al livello di accuratezza del dato fornito.

Nel presentare sinteticamente il senso di tali informazioni, è necessario innanzitutto sottolineare che, conseguentemente al processo di taratura utilizzato ed al numero di rilievi eseguiti, non è possibile esprimersi propriamente in termini statistici. I valori forniti hanno quindi il significato di riferimenti indicativi.

### 15.3.1 La matrice di confusione

Per ogni area di indagine viene innanzitutto riportata la matrice di confusione a livello di categoria.

In questa matrice sulla diagonale è collocato il numero dei punti campione correttamente attribuiti dalla carta: si tratta cioè dei punti per i quali la categoria rilevata corrisponde alla categoria prodotta dall'elaborazione.

Le altre celle della matrice esprimono invece la dispersione delle celle erroneamente attribuite.

La lettura dei dati consente di rilevare che la dispersione si verifica generalmente a favore delle categorie ecologicamente più vicine, espressione quindi della validità del modello.

La dispersione è alta soprattutto per le categorie secondarie in forte tensione dinamica (corileti-betuleti, formazioni antropogene), per quelle "rare" (mughete), e per quelle condizionate da fattori stazionali espressi talvolta con difficoltà dal modello (alnete).

Dalla matrice di confusione possono essere estratti i seguenti parametri:

- Parametri globali:
  - o AG (accuratezza globale), data dal rapporto tra il totale dei punti validati e il totale dei punti campionati
- Parametri di categoria:
  - o AP (accuratezza del produttore), data dal rapporto fra il numero di punti correttamente attribuiti dall'elaborato per la categoria *i* ed il totale dei punti rilevati appartenenti alla categoria *i* rappresenta
  - o AU (accuratezza dell'utente), data dal rapporto fra il numero di punti correttamente attribuiti dall'elaborato per la categoria *i* ed il totale dei punti calcolati appartenenti alla categoria *i*

rappresenta

L'accuratezza dell'elaborato prodotto viene quindi espressa come:

- **accuratezza globale a livello di tipo:** espressa per ogni area di lavoro, è calcolata con riferimento al tipo e sintetizzata per categoria;
- **accuratezza globale a livello di categoria:** espressa per ogni area di lavoro, è calcolata con riferimento alla categoria;
- **accuratezza del produttore e di accuratezza dell'utente:** viene rappresentata solo con riferimento all'intero territorio regionale; questa informazione risulta povera di significato per la singola area di lavoro, date le dimensioni estremamente modeste del campione di dati esaminato.