

SOLUZIONI STATISTICO-MATEMATICHE, INFORMATICHE E TECNOLOGIE PER LA NUOVA PIANIFICAZIONE FORESTALE AZIENDALE TRENINA

(*) CRA, Unità di Ricerca per il Monitoraggio e la Pianificazione Forestale, Villazzano, Trento

L'Unità per il monitoraggio e la Pianificazione forestale (C.R.A., Trento) fornisce supporto scientifico all'Amministrazione forestale della Provincia di Trento nel processo in corso di revisione dei criteri di realizzazione dei piani di assestamento aziendale (Wolynski *et al.*, 2008).

Tale processo si confronta con l'esigenza di rendere compatibile l'aumento e la diversificazione dell'informazione da raccogliere ed elaborare nella realizzazione dei nuovi piani (in particolare a livello di georeferenziazione) con l'esigenza di contenimento dei costi inventariali rispetto al passato e anche con quella di attuare una transizione metodologica attenta al recupero dell'ingente mole informativa pregressa salvaguardando la sostanziale continuità dei riferimenti quali-quantitativi propri di mezzo secolo di pianificazione forestale trentina.

Si è resa quindi necessaria la messa a punto di soluzioni che, integrando metodi di tipo matematico-statistico, applicazioni informatiche e supporti tecnologici, consentissero una efficace descrizione delle proprietà boschive sia sul versante inventariale che su quello della descrizione tipologico-strutturale georeferenziata.

La ridefinizione del ruolo inventariale della particella, resa obbligatoria dall'introduzione del campionamento in luogo del cavallettamento totale (insostenibile sul piano dei costi e quindi ormai ridotto a sottoinsiemi troppo limitati di particelle), quella di meglio connotare le differenziazioni tipologiche e dendrometriche anche interne alle particelle stesse, la necessità di progressività dello sforzo e dei costi di inventariazione rispetto all'importanza anche produttiva dei popolamenti, l'aggiornamento (nella continuità) dei modelli di stima dendro-auxometrica, la georeferenziazione automatica dell'operatore e dell'informazione raccolta, l'archiviazione digitale in campo degli esiti dei rilievi, sono le componenti di tale quadro di innovazione che vengono illustrate in questo contributo.

Parole chiave: assestamento forestale, tavole di cubatura, modelli dendrometrici, campionamento, mobile-GIS, GPS.

Key words: forest management, volume tables, dendrometric models, sampling, mobile-GIS, GPS.

Mots clés: aménagement forestière, table de cubage, modèles dendrométriques, échantillonnage stratifié, mobile GIS, GPS.

1. IL NUOVO SISTEMA STEREOMETRICO TRENINO PER L'ASSESTAMENTO

Come fase preliminare alla revisione dei metodi dell'assestamento trentino, sono stati messi a punto nuovi modelli di interpretazione e revisione dei sistemi di cubatura tradizionali trentini (tariffe) che hanno portato a nuove tavole a doppia entrata per le principali specie di interesse assestamentale in base alle quali si è proceduto alla successiva revisione del sistema delle vecchie tariffe. Sono stati anche ideati nuovi modelli di cubatura "di popolamento" per le fustaie sulla base dell'imponente mole dei dati particellari dell'archivio assestamentale P.A.T.

1.1 Modelli regressivi per la determinazione del volume cormometrico individuale dei soggetti arborei e ridefinizione delle Tariffe trentine

Il sistema di cubatura trentino per tariffe (elaborato da Cristofolini, negli anni '50, per le principali specie arboree trentine di interesse assestamentale) individua il volume cormometrico di un soggetto arboreo di dato diametro per ognuna di 5-9 serie tariffarie (a seconda della specie) sottratte da altrettante curve ipsometriche guida del rapporto h/d .

Tale sistema di cubatura e le curve ipsometriche ad esso connesse, non è espressione di un impianto di funzioni matematiche previsionali e le serie stereometriche furono prevalentemente determinate "per valori singolari" sulla base

delle citate curve ipsometriche di inquadramento derivanti da dati rilevati in campo (perequati soggettivamente) cui vennero associati i valori di volume cormometrico (fusto + rami fino a 7 cm in punta) ripresi dalle tavole di massa cormometrica della raccolta austriaca di Grundner-Schwappach (GS). L'assenza di funzioni matematiche interpretative delle curve del volume e degli andamenti ipsometrici limita fortemente la possibilità di integrare i dati tariffari tradizionali in impianti informatici di elaborazione degli esiti inventariali. Inoltre riduce i limiti dimensionali arborei di possibile utilizzo vincolandoli al campo di validità inizialmente stabilito (diametro minimo 15 cm, massimo 80) e agli intervalli nativi di evidenziazione dei dati (2-5 cm).

Le nuove esigenze implicavano quindi la necessità di disporre di più adeguati e flessibili strumenti stereometrici che peraltro garantissero una sostanziale continuità di riferimento volumetrico rispetto al passato, attraverso perequazioni il più possibile aderenti agli andamenti evidenziati dal sistema tariffario pregresso.

In una prima fase si è quindi ritenuto di procedere alla costruzione di un modello generale a doppia entrata, $v = f(d, h)$, per ognuna delle principali specie di interesse assestamentale, perequando l'intero insieme di dati singolari tariffari (triplette d, h, v - di derivazione GS - per tutte le serie tariffarie di ciascuna specie considerate unitariamente) e quelli "intermedi" ed "esterni" al campo ipsodiametrico (rispetto ai precedenti) reperiti nelle corrispondenti ta-

vole GS stesse. Tali modelli forniscono appunto la stima del volume di un albero (v) in base al suo diametro a 1.3 m (d) e all'altezza (h) mediante una struttura funzionale del tipo $v = b_0 \times (d - d_0)^{b_1} \times h^{b_2}$, reperibile in letteratura come una tra le più utilizzate in Europa per molte specie (Zianis *et al.*, 2005).

Questa struttura è stata peraltro integrata con la costante d_0 che rappresenta il diametro a 1.3 m per il quale il diametro alla ceppaia non supera i 7 cm, con conseguente azzeramento del volume cormometrico anche per la frazione di fusto compresa tra 1.3 m e la ceppaia. d_0 , diverso per le latifoglie (4.0 cm) e per le conifere (3.7 cm) è stato individuato sulla base di modelli del rapporto d a 1.3/diametro della ceppaia elaborati nel progetto IFNI '85 (Castellani *et al.*, 1988). Le stime ottenibili con questo tipo di equazioni forniscono quindi valori di volume cormometrico congruenti per soggetti di diametro a 1.3 m fino a d_0 .

In una seconda fase è stato necessario perequare le curve ipsometriche guida del rapporto h/d da esse sottese, in maniera da regolarizzarne e migliorarne l'andamento (interferito anche da banali problemi di approssimazione dei valori), cercando anche, per quanto ritenuto legittimo, di estenderne i limiti di validità, prevalentemente in basso.

In una terza e ultima fase, sulla base dei modelli di stima a doppia entrata del volume e delle nuove curve ipsometriche ottenute, sono state ridefinite le serie stereometriche tariffarie estendendone il campo di definizione diametrico fino al citato diametro di azzeramento per quanto riguarda il limite inferiore e, (per alcune specie e serie) fino a 85 cm per quanto riguarda il limite superiore (Figura 1).

1.2 Modelli di cubatura di popolamento per le fustaie: da G/ha direttamente alla stima delle corrispondenti masse

Il nuovo impianto assestamentale trentino comporta la ridefinizione del ruolo inventariale della particella, con l'introduzione di unità inventariali interparticellari (strati) più vincolati alla reale rappresentazione di caratteristiche strutturali-compositive omogenee. Inoltre, perseguendo vantaggi sul piano dei costi inventariali e dell'efficienza campionaria, è stato introdotto l'impiego della relascopia quale metodo di reperimento delle stime di G/ha negli strati.

Secondo uno schema di campionamento dimensionato di volta in volta sull'estensione degli strati, individuati e georeferenziati a priori nel complesso assestamentale, vengono realizzate prove di numerazione angolare (PNA o prove relascopiche) volte a determinare la stima del valore di G/ha, le aliquote relative di tale valore ascrivibili alle tre "grandi" classi diametriche (delle piante piccole, d a 1.3 m tra 17.5-27.5 cm, medie, 27.6-47.5 cm, grosse, 47.6 cm e oltre) ed infine la ripartizione relativa di G/ha per le principali specie di interesse inventariale presenti nello strato. Tale ripartizione in "grandi" classi dimensionali (attribuite "a vista", senza controllo diametrico, a ciascun soggetto "in" di ogni PNA) corrisponde anche al tentativo di traslazione e adattamento di criteri e metodi di interpretazione strutturale su base inventariale campionaria frequenti in alcune realtà francesi (Asael, 1999). Sul piano operativo, ai dati citati in precedenza, aventi derivazione inventariale pura, è sempre associabile l'indicazione di serie tariffaria per ogni specie desumibile dall'impianto assestamentale pregresso a livello di particella di collocazione della PNA.

Sulla base degli esiti inventariali citati e della citata "contestualizzazione" tariffaria si è ritenuto di prevedere e sperimentare la possibilità di un approccio alternativo a quello stereometrico individuale per la quantificazione delle masse di strato, peraltro stimolato dalla volontà di sfruttare i vantaggi sul piano dei costi inventariali e dell'efficienza campionaria che l'uso della relascopia in versione "nativa" (adiametrica) implica e di non prevedere la raccolta di informazione ipsometrica su soggetti campione. Tale approccio è stato realizzato mettendo a punto un modello regressivo empirico tra G e V (dati per ettaro) sulla base dell'imponente archivio di cavallettamenti totali particellari dell'assestamento trentino (oltre 10.000 casi).

In tale contesto il modello regressivo messo a punto si è dimostrato in grado di fornire una stima molto accurata del volume tariffario ad ha di particella, sulla base di una struttura "esplicativa" come la seguente: $V = b_0 + b_1 \times G + b_2 \times G \times IPSS + b_3 \times G \times IPSS \times IT + b_4 \times G \times IPSS \times IBD$;

dove: $b_0 = -1.946$, $b_1 = -0.729$, $b_2 = 0.172$, $b_3 = -0.0129$, $b_4 = 0.0291$.

La variabile dipendente è naturalmente il volume ad ettaro V (m^3). Oltre a G , le variabili indipendenti incluse nel modello e recepite dai processi perequativi soprattutto in forma di interazione, sono state denominate:

IPSS - Indice di Potenzialità Stereometrica di (gruppo di) Specie;

IBD - Indice di Baricentro Dimensionale;

IT - Indice Tariffario a ponderazione basimetrica (per grande classe dimensionale).

I limiti di spazio cui questo contributo deve attenersi non consentono un approfondimento sulla derivazione di tali variabili esplicative, che peraltro si sostanziano in indici concepiti per essere completamente e automaticamente derivabili dagli esiti inventariali per PNA di cui sopra, correlati dall'indicazione della serie tariffaria di tutte le specie rilevate, attribuita sulla base della contestualizzazione particellare delle PNA e facente riferimento ai dati delle pregresse attribuzioni di piano.

Il modello si è dimostrato in grado di "riprodurre" la relazione "storica" media particellare trentina tra G/ha e V/ha , con errori molto contenuti (<8.26 m^3/ha nel 95% dei casi, <2.46 m^3 nel 50%) e con struttura dei residui regolare su tutto il campo di esplicazione.

Dalla futura sperimentazione operativa nella traslazione applicativa del modello ad unità campionarie (o a medie di queste) ci si augura di trovare conferma della effettiva validità di tale ipotesi di approccio alla quantificazione delle provvigioni di strato.

2. STRATIFICAZIONE TIPOLOGICO-COMPOSITIVA E STRUTTURALE: NON SOLO UNA BASE PER L'INVENTARIO

La revisione dei criteri dell'assestamento aziendale trentino prevede un notevole ricorso ad applicazioni *desktop GIS* e *mobile-GIS* e all'uso intensivo del radioposizionamento satellitare per supportare e georeferenziare le attività di stratificazione e campionamento. Sono state realizzate varie personalizzazioni di applicativi informatici per la navigazione GPS e per l'archiviazione digitale in campo dei rilievi e delle classificazioni.

Ai fini della stratificazione "GIS-based", operando inizialmente su immagini a video (Figura 2) e poi con rettifiche

che *mobile*-GIS al suolo, si individuano intersezioni tese ad enucleare “omogeneità” tra (grandi classi di) composizione specifica e struttura interne alla realtà assestata, volte, da una parte, al contenimento delle variabilità statistiche di campionamento (e dei relativi errori) e dall'altra alla descrizione georeferenziata dei complessi assestamentali; in quest'ultimo caso surrogando la redazione delle “carte dei tipi strutturali” propri della storia assestamentale trentina, ormai scarsamente esplicative sul piano della “risoluzione” nella caratterizzazione strutturale e tipologico-compositiva, oltre che della georeferenziazione.

L'individuazione a priori (rispetto al successivo inventario per campionamento) delle estensioni georeferenziate di strati omogenei fornisce, oltre che stime attendibili di estensione cui riferire poi le medie campionarie, la possibilità di modulare l'intensità di campionamento negli strati a seconda delle esigenze informative che questi manifestano ai fini della programmazione degli interventi di coltivazione e utilizzazione, dati gli orizzonti temporali di piano.

La grossolana risoluzione particellare del dato inventariale propria del cavallettamento totale, inoltre, viene in parte superata dalla possibilità di intersezione automatica (GIS) strato/particelle per l'analisi delle “manifestazioni di strato” intraparticellari, corredabili anche di dati quantitativi, pur se largamente indicativi. Si ritiene che tale approccio dovrebbe consentire di passare da una realtà operativa che, dati i costi, consente oggi un'inventariazione limitata al 20-25% delle particelle, ad una inventariazione estesa alla loro totalità, a costi che si auspicano comparabili, pur se con maggiori incertezze di stima.

I parametri guida di stratificazione (composizione, struttura) non sono sistematizzati in un sistema rigido a modalità fisse (troppo esteso e difficile da ipotizzare a priori) e possono essere integrati col ricorso a caratteri di densità e fertilità, secondo schemi liberamente adottabili dell'assestatore in relazione alla realtà specifica di piano con l'unico obiettivo di temperare la risoluzione descrittiva con le esigenze di contenimento nel dimensionamento delle intensità campionarie, come è noto sensibili all'eccessiva riduzione dell'ampiezza media degli strati stessi.

Una distinzione operata inizialmente riguarda le unità territoriali non boscate, ancorché di pertinenza assestamentale (sia improduttive che produttive non arboree, non sottoposte a inventario, se non per le superfici) e le unità boscate. Peraltro l'enucleazione a priori di tali superfici ha notevoli ripercussioni sul contenimento delle variabilità campionarie e quindi dell'errore di campionamento. La stratificazione si concentra sulle unità boscate, ove vengono individuate appunto omogeneità riferibili ai parametri guida citati in precedenza o *popolamenti*. Lo *strato* (in senso inventariale) viene poi costituito da tutti i popolamenti aventi medesime caratteristiche.

Sul piano operativo la stratificazione prende avvio con attività di fotointerpretazione a video, utilizzando tutti i piani tematici (*layer*) utili a fornire contributi informativi: ortofoto digitali, cartografia tecnica, DEM, carta dei tipi forestali, progressa “carta dei tipi strutturali” e, non da ultimo, modelli di altezza della vegetazione derivanti da acquisizioni con sensore LIDAR per i quali l'attività sperimentale in corso sta fornendo prospettive di utilizzo molto promettenti.

Nei successivi sopralluoghi a terra viene confermata o modificata l'assegnazione provvisoria di strato effettuata a

video ai popolamenti, ereditando in linea di massima la delimitazione delle superfici già eseguita. Non sarà pertanto necessario ripercorrere tutti i limiti di popolamento, né visitare le unità per cui l'attribuzione di strato è già avvenuta con elevato grado di affidabilità (come per la quasi totalità delle superfici non boscate).

Il *layer* GIS così prodotto costituisce la base per il calcolo automatico delle superfici di strato, per il dimensionamento del relativo effettivo di unità campionarie in base all'importanza inventariale dello strato stesso e infine per la distribuzione randomizzata dei punti di campionamento al suo interno. Il *layer* sarà successivamente utilizzato dai rilevatori, dotati a loro volta di un sistema *mobile*-GIS alimentato in tempo reale dai dati di radiolocalizzazione satellitare (GPS), fondamentali per contestualizzare l'operatore stesso sui supporti cartografici elettronici.

I valori di consistenza dendrometrica complessiva di strato deriveranno dalla moltiplicazione dei valori medi delle densità unitarie dei parametri dendrometrici (desunti dal processo campionario) per la superficie complessiva delle unità inventariali (strati). Le incertezze statistiche di stima complessive (riferite alla proprietà) deriveranno dalle consuete procedure di dimensionamento d'errore di campionamento stratificato.

3. RISORSE TECNOLOGICHE E INFORMATICHE A SUPPORTO DELLE NUOVE PROCEDURE INVENTARIALI

La revisione delle procedure di inventariazione assestamentale aziendale non può prescindere dal delineare un parallelo quadro di innovazione dei supporti tecnologici al rilievo stesso. L'obiettivo è garantire al tecnico rilevatore alcune condizioni di base: (i) possibilità di registrazione diretta su supporto informatico dei dati di rilievo e relativi controlli di congruità, completezza e consistenza; (ii) georeferenziazione in tempo reale della posizione sul terreno del rilevatore (e dei dati rilevati), (iii) immediatamente contestualizzata e visualizzata sui piani descrittivi digitali adottati ai fini della descrizione operativa del territorio, con possibilità di confronto con la parallela percezione diretta della realtà.

Per le attività di ufficio saranno peraltro sufficienti risorse tecnologiche di uso comune generalizzato (personal computer e relative periferiche) mentre un significativo adeguamento tecnologico sarà necessario per le attività di campo (Figura 3), con il ricorso a configurazioni strumentali di *mobile*-GIS costituite da ricevitori GPS (ormai affidabili anche in fascia economica bassa), Tablet PC o PDA per l'archiviazione e la prima elaborazione in campo dei dati, eventuali sensori accessori integrati alla configurazione (distanziometro/ipsometro laser, relascopio elettronico o tradizionale ottico).

Sul versante software, a valle di un'attività di raccolta informazioni sulle prestazioni dei software commerciali specifici attualmente disponibili, è stata operata una scelta verso applicativi (GIS, DBMS, fogli di calcolo ecc...) di vasta e consolidata diffusione in grado di garantire nel tempo costanti percorsi di aggiornamento delle caratteristiche e delle funzionalità e aventi possibilità di personalizzazione. Naturalmente l'impiego di determinati applicativi non è prescrittivo, mentre lo sono alcuni formati di conferimento dei dati rilevati e il rispetto di determinati standard di accu-

ratezza posizionale nella realizzazione degli elaborati.

Si ritiene utile dedicare un cenno particolare alla messa a punto di una *suite* di estensioni software ideate e progettate dagli Autori del presente contributo e informaticamente sviluppate da G. Colle, realizzate in ambiente ESRI Arcpad[®] 7, specificamente dedicate ai rilievi previsti dalla nuova metodologia di realizzazione dei piani e non presenti nella versione standard di Arcpad (né, a quanto è dato sapere, in altri software commerciali per *mobile-GIS*):

- RELASKOPE[®]: applicativo per l'esecuzione delle prove di numerazione angolare (con georiferimento delle stesse) ed eventuale associazione di ulteriori dati raccolti su alberi modello (altezza e incremento); fornisce funzionalità di navigazione ed elaborazione in campo per il calcolo dell'area basimetrica ad ettaro, complessiva o ripartita in specie e categorie dimensionali, e per la classificazione strutturale automatica; si tratta di funzionalità applicabili sia alla singola prova relascopica sia a valori medi per particella e strato (Figura 4);

- POLYGONIZE[®] e POLYGONEDIT[®]: applicativi per supportare la georeferenziazione in campo di popolamenti o confini di comparto, facilitando il rilevamento di poligoni contigui e la realizzazione di layer GIS che rispettino regole topologiche (in particolare, adiacenza);

- GEONOTE[®]: applicativo per il rilevamento georiferito di oggetti ed eventi territoriali, aperto alla personalizzazione della natura degli attributi da rilevare, con funzionalità avanzate di rappresentazione diversificata dei dati in ambiente *mobile-GIS*;

- ARCNPM[®]: applicativo per la realizzazione di Navigazione da Posizione Media, ovvero per la localizzazione di precisione di una posizione-obiettivo, non da posizione GPS istantanea, ma da una media (di numerosità scelta dall'operatore) di posizioni, funzionalità essenziale non solo per aumentare la precisione di reperimento dei punti di campionamento ma anche per eliminare qualsiasi soggettività nella materializzazione finale dei punti di sondaggio.

Accanto a questi applicativi per i rilievi in campo, si stanno mettendo a punto altre funzionalità per le elaborazioni GIS, per l'approntamento del campione stratificato, per l'elaborazione dei dati dendro-auxometrici. Una certa attenzione viene dedicata anche al mondo del software Open-Source (attualmente peraltro carente sul versante *mobile-GIS*).

4. CONCLUSIONI

Dalla collaborazione tra Servizio Foreste e Fauna P.A.T. e CRA-MPF, sembra emergere un quadro di soluzioni metodologiche per la pianificazione forestale aziendale trentina che, con opportuni aggiustamenti desunti dall'esperienza operativa, dovrebbe dar modo di conseguire sostanziali aggiornamenti e diversificazione dell'informazione inventariale, superando le problematiche che hanno comportato l'odierna riduzione dell'inventariazione classica per piede d'albero alla insufficiente soglia informativa del 20-25% delle particelle "di produzione".

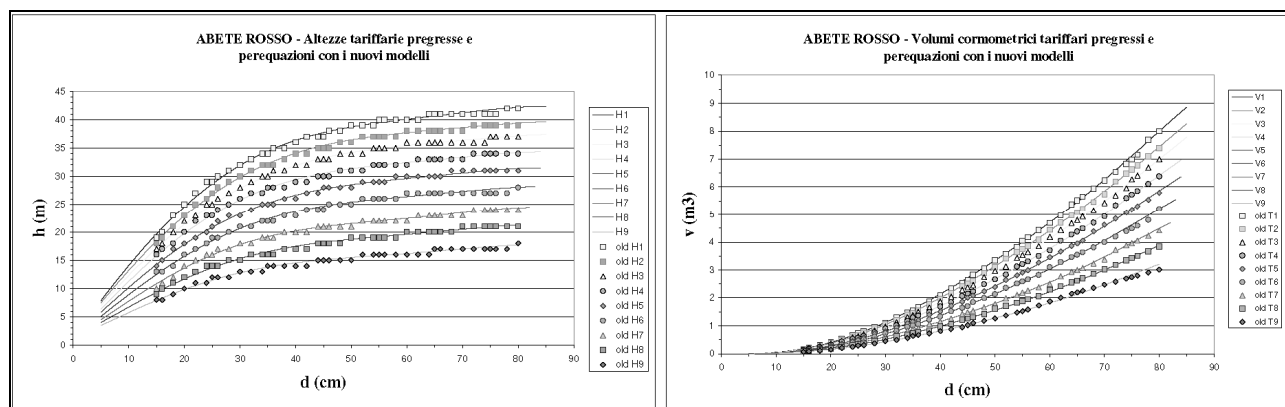


Figura 1. Esempio per l'Abete rosso. (a sn) Perequazione con i nuovi modelli ipsometrici delle curve di inquadramento h/d del sistema trentino. (a dx) Perequazioni del nuovo modello di cubatura a doppia entrata e relativi valori corrispondenti nelle serie tariffarie pregresse.



Figura 2. Esempio di stratificazione (non completa) su ortofoto digitale: delimitazione dei popolamenti omogenei da afferire agli strati (linea tratteggiata), limiti di particella (linea continua).



Figura 3. Alcuni esempi della strumentazione prevista per i rilievi in campo nell'ambito delle nuove procedure di stratificazione e inventariazione.

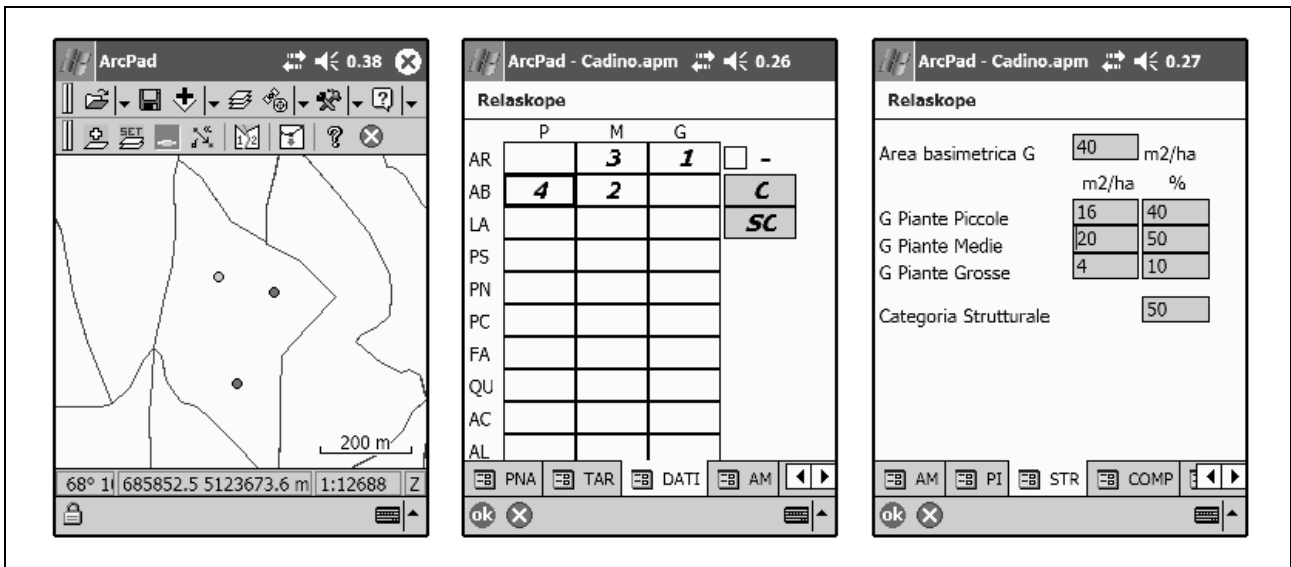


Figura 4. Esempio di alcune finestre di dialogo dell'applicativo (di mobile-GIS) RELASKOPE©, per la registrazione e la pre-elaborazione dei dati raccolti in campo nelle prove relaskopiche.

SUMMARY

COMPUTING AND STATISTICAL-MATHEMATIC SOLUTIONS AND TECHNOLOGIES FOR THE NEW FOREST MANAGEMENT METHOD IN TRENTO (ITALY)

The Unit for Forest Management and Monitoring of the Italian Council for Research in Agriculture (Trento, Italy) supplies scientific support to Forest Service of the Province of Trento on the revision process of the forest management system in Trentino. Such process has followed two main guidelines: the need to integrate the extensive and diverse information data collected and elaborated during the realization of the new forest management plans and the necessity to contain inventory costs.

The new management system integrates statistical and sampling methods with computer and technological

resources allowing an effective and efficient georeferenced description of the main forest parameters (dendro-auxometric and structural characteristics) of the managed forest stands.

The current paper describes the main principles on which the forest management system has been articulated: the redefinition and downsize of the role of the traditional forest compartments following the introduction of sampling methods; the definition of a new inventory unit (*strato*) and of the new management practises for forest characterization (species composition, forest structure, etc); the development and the use of innovative software and technologies for the automatic georeferencing and storage of the data collected in field; the development of dendro-auxometric estimation models based on the huge amount of inventory data collected in the past few decades by the provincial forest service.

RÉSUMÉ

SOLUTIONS STATISTIQUES-MATHEMATIQUES INFORMATIQUES ET TECHNOLOGIES POUR LA NOUVELLE PLANIFICATION FORESTIERE DANS LE TARENTIN

L'exigence de saisir et de traiter de plus en plus d'informations diverses pour la planification forestière dans la province de Trente et en même temps de limiter les frais d'inventaire par rapport au passé, a exigé de mettre au point des solutions intégrant des méthodes de type statistiques et informatiques, ainsi que des ressources technologiques, pour obtenir une description efficace des propriétés des bois, aussi bien du point de vue dendro-auxométrique que sur le plan de la description typologique-structurale, géo-référencée de façon adéquate. Une exigence collatérale était celle de réaliser cette transition méthodologique ne perdant pas de vue la possibilité de récupérer une masse considérable d'informations précédentes et d'assurer une continuité essentielle des références qualitatives-quantitatives d'un demi siècle de planification forestière dans le Trentin.

Ce document décrit les modèles mis au point pour la révision des instruments de cubage traditionnels du Trentin (tarifs), les procédures de stratification des surfaces en vue des échantillonnages et des aspects gestionnaires, ainsi que certaines applications GIS et Mobile GIS pour les activités

d'échantillonnage, de stratification et de révision du contrôle numérique de la délimitation compartimentale; le tout ayant été réalisé à l'aide de personnalisations significatives du logiciel Mobile GIS existant sur le marché.

BIBLIOGRAFIA

- Asael F. *et al.*, 1999 - *Peuplements forestiers du massif Vosgien. Typologie et sylvicultures*. ONF, CRPF de Lorraine-Alsace.
- Cristofolini F., 1956 - *Istruzioni per l'uso delle tariffe regionali*. Rapporto interno PAT, inedito.
- Castellani C., Scrinzi G., Tabacchi G., Tosi V., 1988 - *Inventario forestale nazionale Italiano Sintesi metodologica e risultati; rappresentazione cartografica*. Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste, Istituto Sperimentale per l'Assestamento Forestale e per l'Alpicoltura, Trento.
- Grundner-Schwappach, 1952 - *Massentafeln*. Verlag Paul Parey.
- Wolynski A., Zanin M., Scrinzi G., 2008 - *Revisione della pianificazione forestale in Trentino a cinquant'anni dall'adozione della selvicoltura naturalistica*. Atti III Congresso Nazionale di Selvicoltura.
- Zianis D., Muukkonen P., Mäkipää R., Mencuccini M., 2005 - *Biomass and stem volume equation for tree species in Europe*. Silva Fennica, monographs 4, Appendix A.