

## Pianificazione delle operazioni di esbosco in un ceduo

Civitaresse V<sup>(1)</sup>, Pignatti G<sup>(2)</sup>, Verani S<sup>(2)\*</sup>, Sperandio G<sup>(1)</sup>

(1) CRA - Istituto Sperimentale per la Meccanizzazione Agricola, v. della Pascolare 16 - 00016 Monterotondo (RM);

(2) CRA - Unità di Ricerca Forestale di Roma, v. Valle della Quistione 27 - 00166 Roma. - \*Corresponding author: Stefano Verani - verani.s@inwind.it

**Abstract:** *Planning wood extraction in a forest coppice.* A series of cartographic models of analysis have been elaborated through the softwares ArcView GIS (ESRI 2002) and Surfer 8 (Golden software 2002) to find optimal work systems for the wood extraction in an oak coppice, located on the Monti della Tolfa, near Rome, Italy. The main factors analyzed were the morphology of the territory and the roads characteristics. The methodological procedure followed was applied on the different classes of slope, the direction of water outflow, the presence of ditches and channels, the principal and secondary roads, the wood cover and the clearings. The possibility to employ tractors with cages, polyethylene chutes, mules and cable cranes has been examined, also identifying the fittest areas to their use. This first analytical phase was followed by a second phase dedicated to the evaluation of the technical feasibility. The proposed method contributes to a rational planning of the work site. The advantage could be the planning of extraction operations on the map, but it will be necessary to verify the method in field studies. Although this method has been developed on limited extensions of territories, it could be applicable to situations of greater complexity, representing the base for the creation of a tool that may be employed in ampler territorial contexts, such as Comunità Montane and hydrographic basins.

**Keywords:** Forest utilization, coppices, wood extraction, planning.

*Received: Mar 31, 2006 - Accepted: Jun 11, 2006*

**Citation:** Civitaresse V, Pignatti G, Verani S, Sperandio G, 2006. Pianificazione delle operazioni di esbosco in un ceduo. *Forest@* 3 (3): 367-375. [online] URL: <http://www.sisef.it/>

### Introduzione

Nella pianificazione delle utilizzazioni forestali i fattori che determinano la scelta dei mezzi e del sistema di lavoro da impiegare sono molteplici. Le infrastrutture presenti (in particolare viabilità), la professionalità degli operatori, l'efficienza della direzione lavori e le attrezzature disponibili per l'operazione di esbosco possono essere modificate, mentre altre condizioni, quali l'intensità del taglio, le dimensioni del materiale da utilizzare o le caratteristiche del terreno (pendenza e accidentalità) sono piuttosto rigide o non modificabili.

Nella valutazione delle caratteristiche del terreno, in particolare per la scelta di mezzi per l'esbosco, e nella quantificazione della rete viaria, può essere utile impiegare sistemi ad alta tecnologia, come GIS (Sistema Informativo Geografico) e SIT (Sistema Infor-

mativo Territoriale). Il GIS è una tecnologia software che permette di posizionare ed analizzare oggetti ed eventi che si verificano sulla terra, il SIT, invece, è un complesso di componenti e tecnologie hardware, software e di risorse umane in grado di processare, memorizzare, analizzare ed integrare dati spazialmente riferiti per produrre informazioni per il governo del territorio (Masoni et al. 2005).

I SIT hanno ormai assunto un'importanza fondamentale per tutte le discipline che si interessano di pianificazione, gestione e studio del territorio fornendo un supporto basilare in una vasta gamma di settori, compreso quello forestale.

Diverse sono le tecnologie software impiegate che si basano sui GIS, così come le esperienze condotte nel campo forestale, dalla gestione dei dati digitali territoriali (Pira & De Natale 1999) all'utilizzo per la

valutazione del grado di infrastrutture viarie in bosco (Scrinzi et al. 1999). Sempre più spesso i SIT vengono impiegati per individuare le aree forestali soggette a fenomeni valanghivi o ad incendi boschivi (Ciolli et al. 1997, Ciolli et al. 1998, Ciolli et al. 1999a) e gli studi a riguardo si basano essenzialmente sulla valutazione delle caratteristiche del terreno e della copertura arborea. Non mancano neppure esperienze relative alla visualizzazione tridimensionale del paesaggio (Civitarese & Pignatti 2005), alla valutazione della dinamica della copertura forestale (Ciolli et al. 1999b) o alla pianificazione delle utilizzazioni (Cavalli & Lubello 2005).

Nel presente lavoro viene riportata la procedura metodologica sviluppata per la pianificazione della fase operativa dell'esbosco nell'utilizzazione di un ceduo, ubicato nei pressi di Roma sui Monti della Tolfa. Combinando ed analizzando informazioni di tipo orografico, infrastrutturale e di copertura boschiva, sono stati elaborati una serie di modelli cartografici di analisi volti ad individuare, nella specifica area, i mezzi ed i sistemi di lavoro più razionali in relazione alla conformazione del territorio ed alle caratteristiche di viabilità. In particolare, l'attenzione è stata posta sull'impiego del trattore con gabbie, delle risine in polietilene oltre che del mulo. E' stato inoltre ipotizzato l'impiego della gru a cavo, anche se quest'ultima normalmente non è impiegata nel processo produttivo della legna da ardere, principale

prodotto del bosco ceduo (Sperandio & Verani 1999).

### Materiali e metodi

La prima fase del lavoro è stata quella di riprodurre graficamente la situazione reale del bosco. A tale scopo si è proceduto alla raccolta dei dati in campo ponendo l'attenzione sugli aspetti di conformazione del territorio e percorrendo tutto il bosco con il GPS al fine di rilevare i confini, la viabilità interna, la superficie boscata, le radure e le zone più idonee per l'organizzazione degli imposti.

Diversamente, le coordinate relative alla viabilità forestale principale ed i punti quotati necessari per la costruzione del modello digitale del terreno (Civitarese & Pignatti 2005) sono stati rilevati sulla C.T.R. del Lazio (1:10000) digitalizzata in immagine *raster* e georeferenziata secondo le coordinate UTM/E.D.50 (Regione Lazio - Assessorato Urbanistica e Casa, Ufficio Autonomo SIT, rilievo del 1990-91).

Le informazioni raccolte sono state elaborate con i software *Surfer 8* (Golden software 2002) e *ArcView* (ESRI 2002) che ne hanno permesso la restituzione grafica attraverso la creazione di una carta che riproduce con la massima precisione la copertura arborea del bosco, le radure, la viabilità forestale principale e secondaria (Hippoliti & Piegai 2000), e le quote (fig. 1).

Dall'esame della fig. 1 risulta che il popolamento è

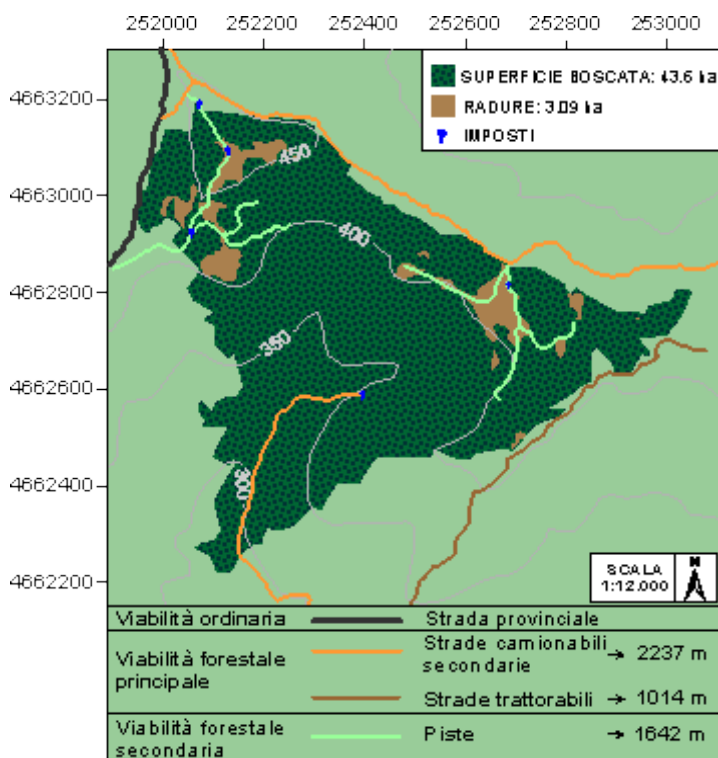
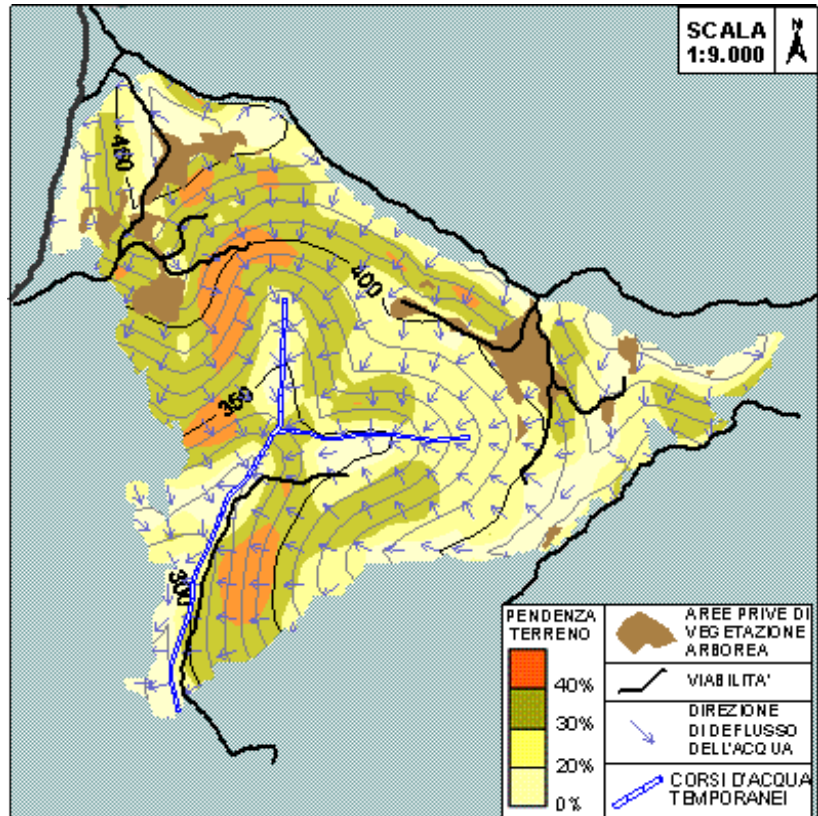


Fig. 1 - Ricostruzione della situazione reale del bosco attraverso l'elaborazione dei dati rilevati con GPS e su CTR.

Fig. 2 - Carta tematica di alcuni elementi caratteristici dell'area.



compreso fra 280 e 460 m di quota con una superficie lorda pari a 46.69 ha di cui 3.09 di radure. La viabilità forestale interna è costituita da 1614 m di piste e da 530 m di strada camionabile secondaria. Lungo i confini del bosco, invece, sono stati rilevati 1707 m di strada camionabile secondaria e 1014 m di strada trattorabile.

Per studiare le possibili opzioni di esbosco è stata realizzata una carta (fig. 2), più complessa della precedente, costruita sovrapponendo, mediante un'operazione di "overlay topologico", i seguenti strati informativi digitalizzati e georeferenziati:

- la mappa delle pendenze, elaborata con un modello di calcolo denominato "terrain slope";
- la mappa delle curve di livello con isoipse direttrici ed ordinarie equidistanti, in termini di quota, rispettivamente 50 m e 10 m;
- i poligoni e le linee relativi alle aree prive di vegetazione, alla viabilità ed ai fossi o corsi d'acqua temporanei;
- il campo vettoriale relativo alla direzione di deflusso dell'acqua sul terreno.

Le informazioni contenute sulla carta riportata in fig. 2, integrate con altre di natura selvicolturale, quali il tipo di soprassuolo, l'intensità di taglio e la dimensione del legname utilizzato, possono risultare utili ai fini di una razionale programmazione e piani-

ficazione delle operazioni di utilizzazione.

Una prima indicazione sui possibili mezzi da impiegare nell'operazione di esbosco, e in quali settori tali mezzi possono essere utilizzati, viene fornita dalla pendenza. Essa risulta maggiore nei settori dove confluiscono i fossi relativi alle principali linee di impluvio. Su queste pendici le pendenze medie sono del 30, 40 e 50%, mentre nella parte più alta del cantiere sono più lievi, tra il 20 e 30%, con alcune aree sommitali intorno al 10-20%.

Come è possibile notare, il corso d'acqua temporaneo, ubicato nella parte centro-meridionale dell'area, costituisce una barriera al passaggio dei mezzi terrestri dividendo di fatto la porzione di bosco localizzata più a sud in due aree. Quella ad ovest si presenta molto accidentata, con numerose pietre e rocce affioranti da 300 fino a 400-410 m di quota; la restante superficie da utilizzare risulta invece poco accidentata.

Un secondo strato informativo, rappresentato dalla mappa delle curve di livello e dai layers della viabilità forestale e delle aree prive di vegetazione, consente di individuare la diversa dislocazione dei piazzali di imposto, di valutare la direzione di esbosco (salita o discesa), e di avere una rapida indicazione del dislivello da superare. Le distanze percorse, invece, possono essere misurate direttamente col GIS.

L'ultimo livello informativo è il campo vettoriale

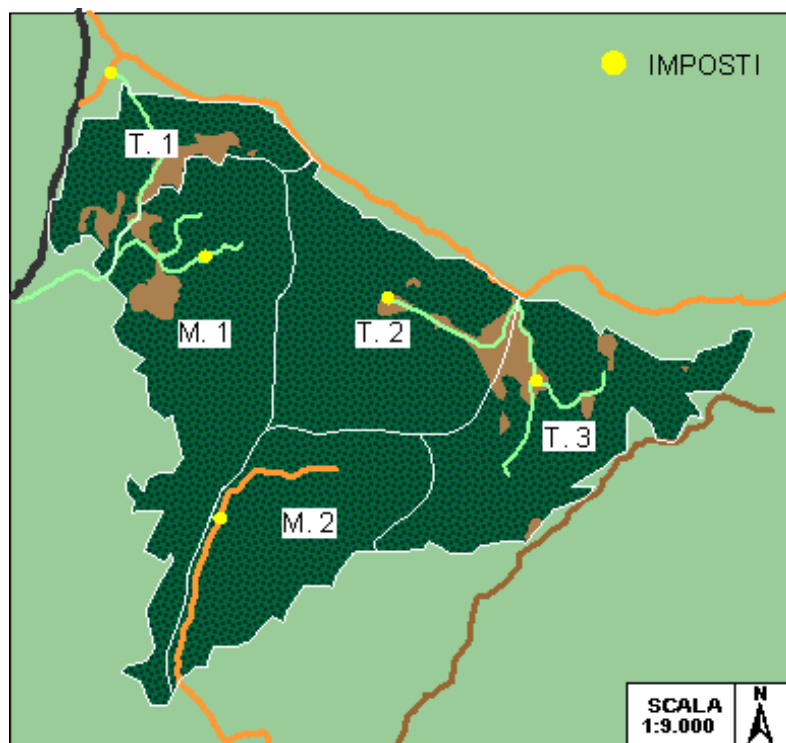


Fig. 3 - Mappa delle aree esboscabili con trattore e muli.

relativo al deflusso dell'acqua, che mostra la direzione di massima pendenza, gli impluvi e i displuvi e, insieme ai dati relativi alla viabilità ed alla pendenza, è risultato particolarmente valido nell'individuare le aree dove poter utilizzare le canalette in PVC e la gru a cavo.

## Risultati

### *Esbosco con trattore e muli*

Come ipotesi di base si è ritenuto di poter utilizzare il trattore nell'esbosco di superfici poco accidentate e con pendenze inferiori al 40% e i muli su pendenza superiore al 40% e nelle porzioni di bosco particolarmente accidentate o difficilmente accessibili.

In entrambi i casi l'esbosco è effettuato a soma. L'esbosco con trattore viene effettuato impiegando una trattoria agricola parzialmente adattata ad uso forestale, dotata di gabbie montate anteriormente e posteriormente sul sollevatore idraulico, mentre nel caso dei muli il carico è legato sull'animale.

L'esame della mappa riportata in fig. 2 ha permesso di individuare cinque settori (fig. 3) di cui tre esboscabili con trattore con gabbie su una superficie complessiva, al netto delle radure, di 23.04 ha (T1, T2 e T3), e due con i muli sulla restante superficie netta di 20.6 ha (M1 e M2). Gli imposti sono stati localizzati sulle strade camionabili nei settori T1 e M2 e sulle piste nei restanti settori. Da questi ultimi il materiale

viene poi trasferito agli imposti principali raggiungibili da autotreni.

L'esbosco con il trattore munito di gabbie si realizza completamente in salita nel settore 1, mentre avviene parte in salita e parte in discesa nei settori 2 e 3. Le distanze massime percorse dal trattore sono rispettivamente di 347, 272 e 371 metri, calcolate con precisione dal GIS (la distanza massima rappresenta la distanza reale - non planimetrica - misurata dall'imposto fino al punto più lontano dell'area esaminata).

L'esbosco con i muli avviene prevalentemente in salita nel settore 1 e in discesa nel settore 2. In quest'ultimo caso la distanza massima da percorrere rispetto all'imposto è piuttosto contenuta, circa 348 m con un dislivello massimo di 70 m. Nel settore 1, invece, il corso d'acqua temporaneo (piuttosto profondo) impedisce il passaggio dei muli verso l'imposto localizzato nella vicina strada camionabile, costringendo gli animali ad un percorso superiore ai 700 m e, con un dislivello massimo di 130 m.

Il quadro riassuntivo dei dati sopra esposti è riportato in tab. 1.

### *Esbosco con risine in PVC*

Questo sistema di esbosco, basato sull'avvallamento obbligato, può essere utilizzato su distanze massime di 200 m e su terreni caratterizzati da una pendenza compresa tra il 20 ed il 40%, mentre per pen-

Tab. 1 - Tabella attributi delle aree esboscabili con trattore e muli.

Poligono	Mezzo di esbosco	Area esboscata (ha)	Distanza massima percorsa	Dislivello massimo dall'imposto
T1	Trattore	4	347 m	30 m
T2	Trattore	10	272 m	66 m
T3	Trattore	10	371 m	45 m
M1	Muli	13	712 m	130 m
M2	Muli	8	348 m	70 m

denze superiori le linee devono essere orientate trasversalmente rispetto alla massima pendenza (Hippoliti & Piegai 2000). Le linee vanno sistemate a monte di una pista o di una strada al fine di organizzare gli imposti e agevolare la successiva fase di trasporto.

Sulla base di quanto esposto finora, e con l'ausilio della mappa riportata in fig. 2, sono state individuate quattro aree (di seguito denominate settori) all'interno delle quali è stato possibile collocare complessivamente venti linee di esbosco provvisorie, spaziate tra loro di circa 30 metri.

Per ciascuna di queste linee è stato elaborato il profilo longitudinale del terreno al fine di verificarne la lunghezza planimetrica, quella reale, l'inclinazione media e dei diversi tratti caratterizzati da un cambio di pendenza del terreno. A titolo di esempio, in fig. 4 viene proposto il profilo del terreno relativo alla linea di esbosco numero 1 posizionata nel settore 4 (si veda anche la fig. 5).

La linea, lunga 152 m su un dislivello di 53 m (lunghezza planimetrica 143.5 m), è posizionata su un terreno con pendenza media di circa il 37 %, ed una pendenza nei tratti I, II, III e IV, variabile dal 30 al 38%.

In altri casi le linee, pur avendo un'adeguata pendenza media, in realtà presentavano tratti caratterizzati da un'inclinazione insufficiente (pendenza < 20%), con rischio di intasamento della linea, oppure

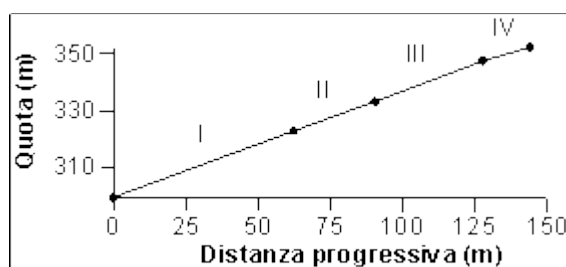


Fig. 4 - Profilo longitudinale del terreno relativo al posizionamento della linea di esbosco n.1 del settore 4.

eccessiva (pendenza > 40%), con conseguente aumento della velocità del legname e relativo pericolo di uscita dalle canalette dello stesso. Per ovviare a questi problemi e rientrare nei parametri prefissati si è proceduto a modificare l'orientamento di alcune linee disponendole più o meno trasversalmente rispetto alla direzione di massima pendenza oppure in maniera tale da formare delle curve ad ampio raggio.

Verificata la sussistenza delle condizioni necessarie per l'utilizzo delle risine, si è proceduto a tracciare l'esatta estensione delle relative aree esboscabili.

Una volta individuate le linee di esbosco è stata eseguita una procedura che consente di delineare una superficie attorno ad una primitiva geometrica (*buffer*), che nel caso specifico è rappresentata appunto dalle singole linee di esbosco. È stata quindi calcolata l'area dei poligoni così individuati.

Le informazioni sopracitate sono state rielaborate graficamente producendo una mappa in grado di rappresentare contemporaneamente sia le aree esboscabili con le risine, visualizzandole su una mappa bidimensionale, sia le singole linee, visualizzandole sul modello digitale tridimensionale del territorio in esame insieme alla viabilità, alla copertura forestale e alle chiarie (fig. 5).

Dallo studio effettuato risulta che è possibile realizzare 20 linee di lunghezza variabile da un minimo di 64 m ad un massimo di 152 m, che consentono di esboscare una superficie di poco inferiore agli 11 ha (10.87 ha), pari a circa il 25% della superficie totale. Il contributo di ogni linea all'esbosco complessivo è rappresentato in tab. 2.

Le canalette sono state collocate a monte di una pista forestale nei settori 1 e 2, a monte di una pista e di una strada trattorabile nel settore 3, e a monte di una strada camionabile nel settore 4.

Il modello tridimensionale proposto consente di individuare con estrema chiarezza i tratti in cui posizionare le linee, effettuando comunque un sopralluogo in bosco per individuare la collocazione definitiva della linea di esbosco che potrebbe variare da quella



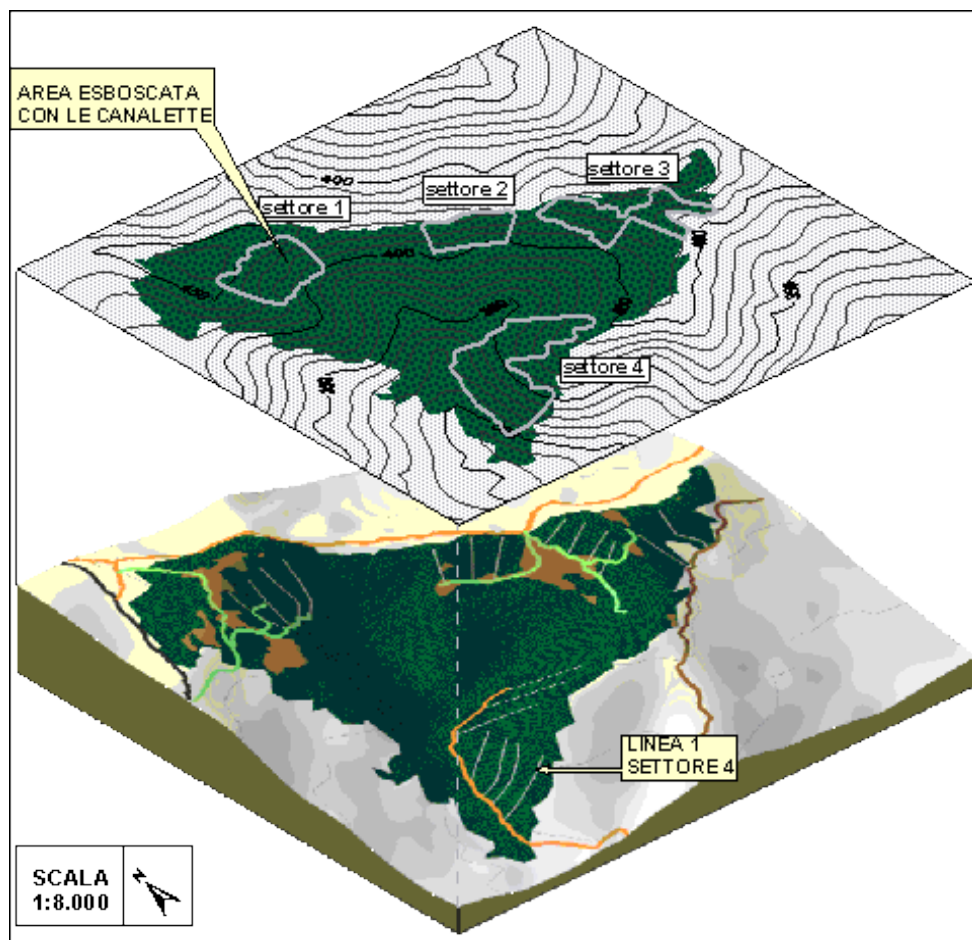


Fig. 5 - Visione tridimensionale delle aree esboscabili con risine e relative linee di posizionamento.

programmata a tavolino per la presenza di ostacoli naturali. La collocazione definitiva sul terreno potrebbe essere facilitata dall'impiego di un GPS in grado di riportare le coordinate esplicitate nelle relative tabelle di allocazione dati.

#### *Esbosco con gru a cavo leggera*

Per ultima viene valutata la possibilità di impiego della gru a cavo, sia pure a livello teorico poiché tale mezzo è al limite della operatività tecnica ed economica nell'area considerata, per la quantità del materiale esboscabile e per le caratteristiche del territorio in esame. È stato comunque ipotizzato l'uso di una Koller K 300 con stazione motrice mobile e motore autonomo (Currò & Verani 1986, Marchi 1998a, Marchi 1998b). La procedura consiste nell'analisi dei profili del terreno, al fine di valutare la presenza di punti critici, rappresentati da settori in cui il carico trasportato tocchi terra e quindi sia richiesta l'installazione di uno o più cavalletti per innalzare la portante.

Dall'esame dei profili del terreno è emersa la possibilità di realizzare una sola linea (fig. 6A e fig. 6B),

anche in virtù del fatto che il trasporto della gru richiede necessariamente l'esistenza di una strada o una pista percorribile da trattore a monte dell'area da esboscare. È stato escluso a priori l'impiego di una gru a cavo per l'esbosco in discesa in quanto un sistema a tre funi non è economicamente ipotizzabile per il tipo di bosco esaminato.

La linea, lunga 364 m (distanza planimetrica 354 m) su un dislivello di 73 m, ha una pendenza del 20.6% (valore limite) e generalmente consente di lavorare entro una distanza di 50 metri (a destra e sinistra) dalla portante. La superficie esboscabile è risultata pari a 3.50 ha ed è stata calcolata seguendo la stessa procedura già vista per le canalette. Questa porzione di bosco, con pendenza variabile dal 30 al 50%, è caratterizzata da una elevata accidentalità e pertanto l'unica alternativa all'utilizzo della gru a cavo è rappresentata dai muli.

Un'ulteriore analisi delle caratteristiche operative della linea può stabilire il carico massimo trasportabile operando in condizioni di sicurezza (Currò et al. 1989, Piegai & Verani 1993, Piegai et al. 1997, Fabiano et al. 2002).

Nel caso specifico sono stati ipotizzati una tensione di montaggio ( $T_{BS}$ ) pari a 4000 kg e due condizioni di carico differenti: 450 kg e 300 kg, entrambi comprensivi del peso del carrello. Le frecce calcolate in mezzeria relativamente ai due carichi risultano rispettivamente pari a circa 9.5 m e 8 m.

Dall'esame della fig. 6C emerge chiaramente come per carichi di 300 kg la fune portante resti lontana dalla superficie consentendo di trasportare il legname sollevato da terra lungo l'intero tragitto. Con un carico di 450 kg, invece, la fune entra in contatto con il terreno nella parte superiore della pendice, tra 397 e 410 m di quota, e, in questo caso, il trasporto del materiale legnoso può avvenire solo sollevando la linea nei punti critici individuati con l'ausilio di appo-

**Tab. 2** - Tabella attributi delle aree esboscabili con canalette.

Settore	N° linee	Lunghezza complessiva	Totale area esboscabile
1	4	548 m	2.43 ha
2	3	268 m	1.52 ha
3	6	528 m	2.47 ha
4	7	1012 m	4.45 ha

siti cavalletti.

### Discussione e conclusioni

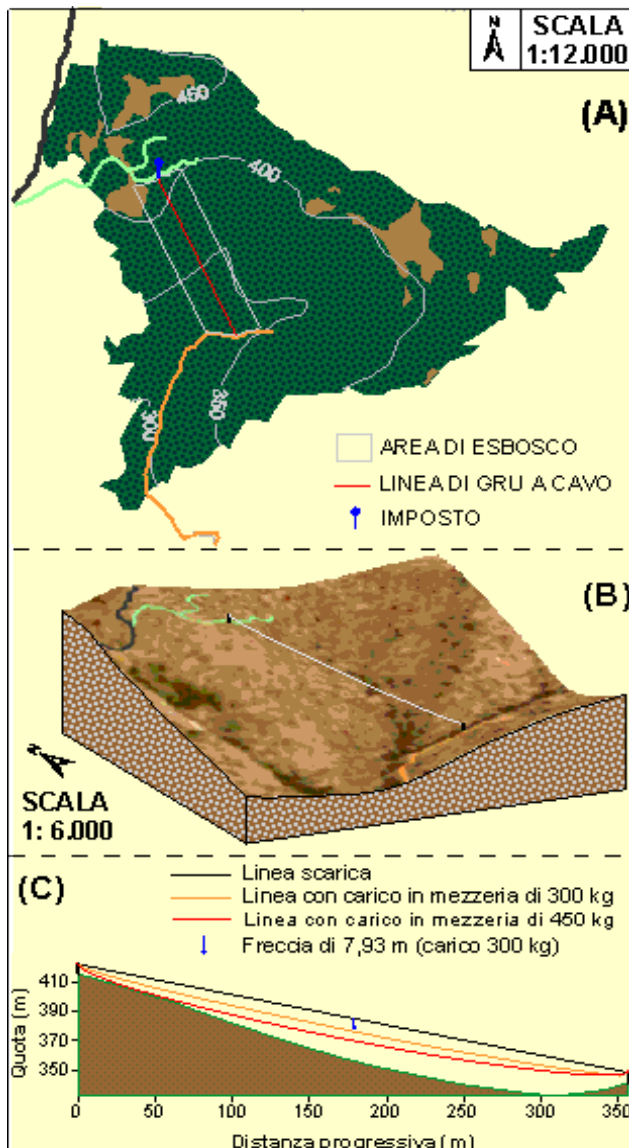
Le variabili principali da esaminare per la scelta finale dei mezzi da impiegare nelle operazioni di concentramento ed esbosco sono diverse. In questo articolo sono stati valutati soprattutto i fattori territoriali, ma un ruolo importante è svolto anche dalla massa legnosa presente al momento del taglio, dagli impatti ambientali relativi all'esecuzione dei lavori, così come dalla superficie interessata dalle utilizzazioni e dal costo dell'intervento.

Nel caso in esame, l'orografia e le infrastrutture presenti sul territorio influiscono non poco sulle scelte, ponendo dei vincoli all'impiego di alcuni mezzi o limitandone l'utilizzo ad aree marginali o piuttosto piccole. Nella pianificazione delle operazioni di esbosco, l'impiego di muli e trattori potrebbe rappresentare la soluzione più flessibile per l'esbosco dell'area, in quanto consente di operare su tutta la superficie interessata dal cantiere.

La mappa riportata in fig. 2, costruita mediante sovrapposizione di più strati informativi, consente di effettuare un'analisi abbastanza completa della realtà territoriale esaminata. Essa, infatti, permette di gestire le informazioni relative alle diverse classi di pendenza, alla direzione di deflusso dell'acqua, alla presenza di fossi e canali, alla viabilità principale e secondaria, allo sviluppo superficiale del bosco e delle radure, non solo cartograficamente, ma anche dal punto di vista analitico mediante interrogazione del database associato.

A questa prima fase analitica, volta ad individuare i mezzi di esbosco potenzialmente utilizzabili nell'area, segue la fase di verifica necessaria ad accertare la fattibilità tecnica del loro impiego, e ciò avviene essenzialmente attraverso alcune analisi di dettaglio, effettuate sul modello digitale tridimensionale del terreno, con particolare riferimento alla elaborazione dei profili longitudinali.

Il metodo proposto consente di giungere ad una vi-



**Fig. 6** - Elementi caratteristici dell'area esboscabile con gru a cavo.

sione d'insieme della realtà territoriale esaminata e contribuisce ad una razionale pianificazione e programmazione del cantiere di utilizzazione. Il maggior vantaggio è proprio quello di poter procedere alla programmazione "a tavolino" delle operazioni di esbosco, anche se vanno comunque sempre effettuati dei sopralluoghi in campo.

Il metodo, pur se sviluppato su piccola scala, potrebbe essere applicabile anche a superfici maggiori, rappresentando la base per la messa a punto di uno strumento di massima da impiegare in contesti territoriali più ampi, come Comunità montane e bacini.

Infatti, un primo livello di analisi permette di individuare, su territori anche di grande estensione, le aree potenzialmente suscettibili all'uso di determinati mezzi. Un secondo livello, invece, più specifico, permette di verificare su piccola scala la fattibilità tecnica delle scelte effettuate nei diversi cantieri.

Il lavoro proposto potrebbe assumere particolare rilevanza alla luce anche dei più recenti orientamenti regionali in campo forestale che spesso prevedono la realizzazione di elaborati cartografici, da affiancare al progetto di utilizzazione dei boschi, relativi all'area di intervento, alla viabilità principale ed agli imposti e, nell'impiego della gru a cavo, alla rappresentazione del tracciato della linea, della sua localizzazione e del profilo dell'impianto stesso.

L'analisi, completata anche da una valutazione di carattere economico, potrebbe contribuire a definire un sistema di supporto decisionale per le operazioni di esbosco, nel quale l'uso di SIT potrebbe avere anche il fine di migliorare le condizioni operative del settore ottimizzando l'impiego dei mezzi.

## Bibliografia

- Cavalli R, Lubello D (2005). Pianificazione delle utilizzazioni in boschi abbandonati. *Alberi e territorio* 2 (10/11) : 20-25.
- Ciolfi M, Tabarelli S, Zatelli P (1997). La valutazione delle aree forestali potenzialmente soggette a fenomeni valanghivi tramite un S. I. T. In: Atti della 1° Conferenza nazionale delle associazioni scientifiche per le informazioni territoriali e ambientali. Parma, pp. 284-288.
- Ciolfi M, Tabarelli S, Zatelli P (1998). 3D spatial data integration for avalanches risk management. In: International symposium on GIS: "Between Visions and Applications". Stuttgart, International archives of photogrammetry and remote sensing 31 (4): 121-127.
- Ciolfi M, Mascarell P, Sguerso D, Zatelli P (1999a). Valutazione tramite fotogrammetria e GIS della dinamica della copertura forestale e della provvigione legnosa. In: Atti della 3° Conferenza nazionale delle Associazioni Scientifiche per le informazioni Territoriali ed Ambientali, Napoli 1: 589-594.
- Ciolfi M, Sboarina C, Zatelli P (1999b). Applicazione di un Sistema Informativo Territoriale alla valutazione del rischio da incendio in ambienti forestali. In: Atti della 3° Conferenza nazionale delle Associazioni Scientifiche per le informazioni Territoriali ed Ambientali, Napoli 1: 583-588.
- Civitarese V, Pignatti G (2005). Visualizzazione tridimensionale del paesaggio per la pianificazione forestale. *EM-Linea Ecologica* 37 (5): 23-27.
- Currò P, Hippoliti G, Piegai F, Verani S (1989). Incrementi di tensione con carico nella fune portante della gru a cavo Koller K 300 in funzione della tensione di montaggio, campata, pendenza, carico. *Monti e boschi* 49 (4): 55-56.
- Currò P, Verani S (1986). Prove di concentramento del legname di un ceduo di cerro con due tipi di gru a cavo. In: Quaderni di ricerca. Centro di sperimentazione Agricola e Forestale/Istituto di Sperimentazione per la Pioppicoltura 10: 11.
- ESRI (2002). Using ArcView GIS: the geographic information system for everyone. [online] URL: <http://www.esri.com/software/arcview/>
- Fabiano F, Marchi E, Piegai F (2002). Tensioni e carichi in funi portanti di gru a cavo forestali. *Sherwood - Foreste ed Alberi Oggi* 82 : 19-28.
- Golden Software (2002). Surfer 8 - User's Guide. [online] URL: <http://www.goldensoftware.com/products/surfer-surfer.shtml>
- Hippoliti G, Piegai F (2000). Tecniche e sistemi di lavoro per la raccolta del legno. *Compagnia delle Foreste, Arezzo*.
- Marchi E (1998a). Caratteristiche tecniche degli argani per gru a cavo commercializzati o prodotti in Italia. *Sherwood - Foreste ed Alberi Oggi* 34: 41-42 .
- Marchi E (1998b). Caratteristiche tecniche degli argani per gru a cavo commercializzati o prodotti in Italia. *Sherwood - Foreste ed Alberi Oggi* 35: 34.
- Masoni M, Dibari C, Siddi E (2005). I Sistemi Informativi Territoriali. Provincia di Pisa. [online] URL: [http://sit.provincia.pisa.it/sisterims/html/Corso\\_SIT/Corso\\_pagina\\_iniziale.htm](http://sit.provincia.pisa.it/sisterims/html/Corso_SIT/Corso_pagina_iniziale.htm)
- Piegai F, Verani S (1993). Sulle tensioni della fune portante di gru a cavo in linee a campata unica. *Monti e boschi* 44 (3): 39-44.
- Piegai F, Marchi E, Fabiano F (1997). Indagine sui parametri numerici in linee di gru a cavo a una e più campate. *Monti e boschi* 48 (2): 33-40.
- Pira G, De Natale F (1999). La gestione dei dati digitali territoriali nell'attività forestale. Alcune esperienze di programmazione come integrazione nell'uso dei GIS. *Dendronatura* 2/99, Associazione Forestale del Trentino,



Trento, pp. 75-84.

Scrinzi G, Picci M, Floris A (1999). Analisi in ambiente GIS per la valutazione del grado di infrastrutturazione viaria delle aree forestali. *Dendronatura* 2/99, Associazione Forestale del Trentino, Trento, pp. 63-73.

Sperandio G, Verani S (1999). Primi risultati di un'indagine sulla meccanizzazione e sui costi delle utilizzazioni boschive nella Regione Lazio. *Sherwood - Foreste ed Alberi Oggi* 50: 35-42.