

Le valanghe in foresta: i casi studio della Regione Autonoma Valle d'Aosta
e della Provincia Autonoma di Bolzano

NEVE, VALANGHE

UNA REALTA' TUTTA DA SCOPRIRE

L'influenza del bosco sulla dinamica del manto nevoso e la sua stabilità

Stephanie Letey
Davide Viglietti

Università degli Studi di Torino
Di.Va.P.R.A.-Chimica Agraria e Pedologia,
Laboratorio Neve e Suoli Alpini
Università degli Studi di Torino
Agroselviter

Michele Freppaz

Università degli Studi di Torino
Di.Va.P.R.A.-Chimica Agraria e Pedologia,
Laboratorio Neve e Suoli Alpini

Renzo Motta

Università degli Studi di Torino
Agroselviter

Andreas Zischg

Abenis Alpinexpert GmbH/srl

Le valanghe possono danneggiare estese superfici forestali, influenzandone la composizione specifica e la distribuzione, con la presenza in genere di popolamenti di bassa statura e densità e la prevalenza di specie eliofile. Nello stesso tempo le foreste possono limitare il distacco delle valanghe, proteggendo insediamenti umani ed infrastrutture, ma l'efficacia protettiva dei popolamenti dipende fortemente dalla loro struttura.

La stagione 2003/2004 ha dato inizio al monitoraggio dell'evoluzione del manto nevoso all'interno di superfici forestali con l'obiettivo di approfondire le conoscenze, attualmente limitate, sul complesso rapporto bosco-neve.

Successivamente, a partire dal 2005, sono state attivate specifiche ricerche con l'obiettivo di individuare ed analizzare gli eventi valanghivi originatisi all'interno di superfici forestali, comparando le caratteristiche di tali siti con aree boscate limitrofe, alla medesima quota, esposizione e pendenza, ma non interessate da eventi valanghivi. In questo modo, sono stati valutati i requisiti minimi che un bosco, con determinate caratteristiche stagionali ed in occasione di specifiche condizioni nivo-meteorologiche (sintetizzate nel grado di pericolo valanghe) dovrebbe presentare per garantire la funzione protettiva nei confronti del distacco valanghe.

Attraverso un costante lavoro di arricchimento della banca dati attualmente disponibile potrebbe essere possibile incrementare la conoscenza del grado di riduzione delle condizioni di instabilità del manto nevoso da parte del bosco preferendo, con la dovuta cautela e laddove possibile, adeguate scelte selvicolturali rispetto all'impiego delle tradizionali opere permanenti di difesa attiva e/o passiva.



E FORESTE

INTRODUZIONE

L'esigenza di collocare i campi neve a debita distanza dalle superfici forestali, finalizzata a ridurre il più possibile le interferenze esterne sulle caratteristiche della neve, ha limitato fortemente la conoscenza dell'influenza del bosco sull'evoluzione del manto nevoso e sulla sua stabilità. La molteplicità delle complesse relazioni ed interrelazioni tra fattori climatici, morfologici ed ecologici, associata alla scarsità dei dati nivologici, consiglia però di non escludere a priori le superfici boscate dalle aree potenzialmente valanghive.

La necessità di determinare in modo più approfondito le caratteristiche della neve in foresta sta emergendo sempre con maggiore frequenza, come ad esempio nel corso dell'European Geosciences Union General Assembly del 2008 (Vienna, 13-18 Aprile 2008). Fierz et al (2008), nel presentare le principali novità della Classificazione Internazionale della neve stagionale al suolo del 2008, hanno infatti evidenziato come in particolare "esistano

molti problemi nella classificazione della neve umida e delle croste, così come della neve trasportata dal vento e quella presente al di sotto delle coperture forestali" (Fierz et al., 2008).

Le conoscenze su questo specifico argomento sono piuttosto limitate (Brang et al., 2001), ma il crescente interesse su queste tematiche ha determinato un impulso dell'attività di ricerca, come testimoniato ad esempio da differenti recenti pubblicazioni (es. Manuale di Selvicoltura nelle Foreste di Protezione, Meloni et al., 2006).

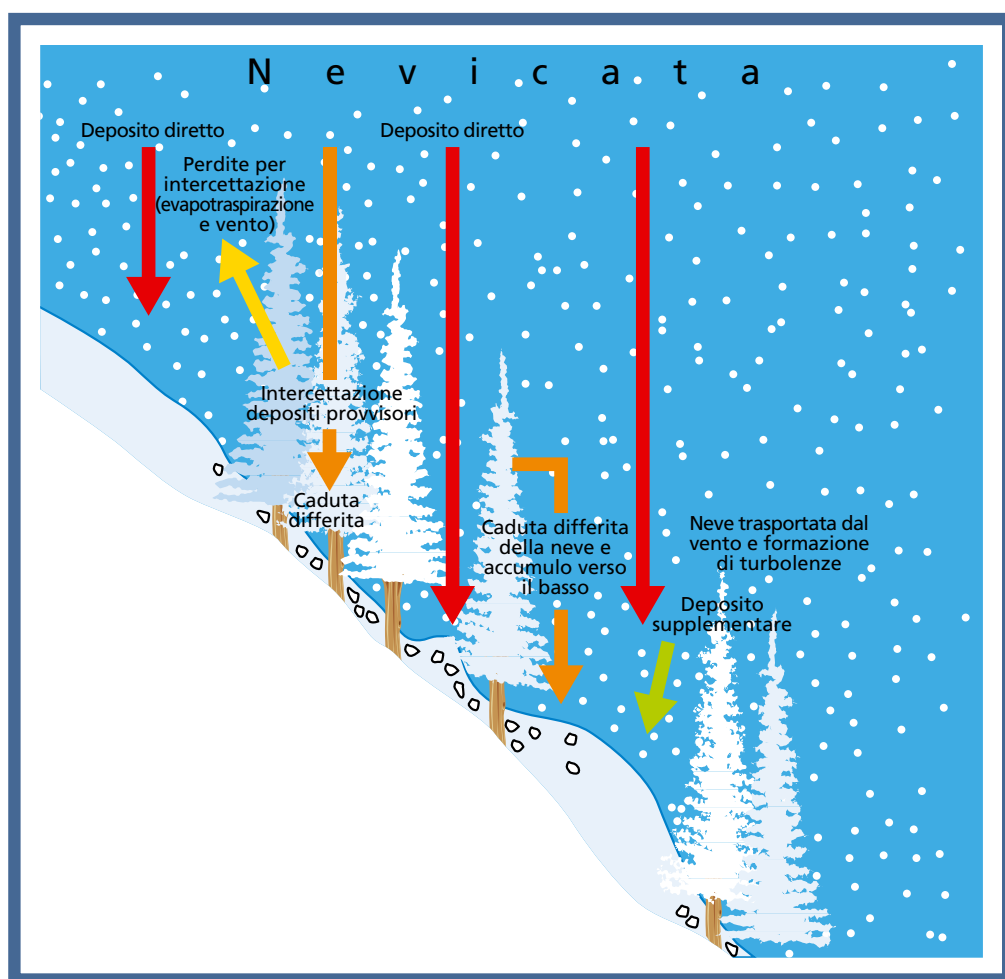
LA NEVE IN FORESTA

La presenza di una copertura forestale esercita una significativa influenza sulle caratteristiche fisiche del manto nevoso sottostante: la più evidente è la riduzione dell'altezza del manto nevoso a seguito dell'intercettazione delle chiome. L'efficienza di intercettazione può variare in funzione sia dell'intensità della nevicata, sia delle specie arboree presenti. Sono

stati calcolati valori di intercettazione che raggiungono il 70% in caso di precipitazioni intense mentre in occasione di eventi a debole intensità il valore di intercettazione decresce fino al 30% (Pomeroy e Brun, 2001). Anche la temperatura che accompagna la precipitazione influenza direttamente il grado di intercettazione da parte delle chiome: con temperature più elevate aumenta la coesione tra i cristalli di neve ed in tal modo la neve umida viene trattenuta sulla chioma in modo più efficace rispetto alla neve secca.

La neve intercettata dalle chiome precipita dai rami in modo graduale ed irregolare, a seconda dell'umidità della neve e della temperatura dell'aria, ed, una volta depositata al suolo origina un manto nevoso che, se confrontato con quello di aree non boscate, risulta alquanto eterogeneo (In der Gand, 1978) (Figura 1). Nel caso di specie caducifoglie, quali il Larice, l'evoluzione del manto nevoso può essere fortemente influenzata anche dall'accumulo di strati di lettiera, soprattutto nel caso di nevicate tardo-autunnali (Freppaz et al., 2006). In tal modo, il bosco generalmente impedisce la formazione di vaste aree con copertura nevosa uniforme e può contrastare la formazione di strati a debole coesione, che costituiscono uno dei fattori predisponenti il distacco delle valanghe (Brundl et al., 1999). L'intercettazione della neve ad opera delle chiome è indubbiamente dipendente dalla composizione specifica: in un bosco caratterizzato dalla dominanza di alberi a foglia persistente aumenta il grado di intercettazione rispetto a boschi a dominanza di caducifoglie. In particolare, *Pinus cembra* e *Picea abies* sono in grado di trattenere una maggior quantità di precipitazioni rispetto a *Larix decidua*, mentre quest'ultimo è una specie longeva con migliori caratteristiche di ancoraggio al terreno e resistenza agli schianti da vento e da neve (Motta, 1995). Una ricerca condotta nell'inverno 2003/2004 nella Riserva Naturale Mont Mars (Fontainemore - Valle d'Aosta) ha permesso il confronto delle caratteristiche fisiche di un manto nevoso sotto lariceto con quelle della copertura

Fig. 1: schema del processo di deposito della neve in foresta (In der Gand, 1987).



nevosa su un prato sfalcato, sito a medesima quota ed esposizione (Freppaz et al., 2006, 2008). Tale esperienza ha evidenziato durante il periodo tardo-autunnale, accumuli di neve inferiori nelle aree boscate, a seguito dell'intercettazione di neve da parte della chioma. Nel periodo primaverile, invece, a causa di un minore irraggiamento solare al suolo, l'altezza del manto nevoso è risultata superiore sotto la copertura arborea (Freppaz et al., 2006) (Figura.2). Per quanto concerne l'accumulo della neve in bosco, inoltre, non bisogna trascurare l'elevata sublimazione della neve intercettata dalle chiome, anche dell'ordine di 0.7 mm SWE/giorno, come evidenziato da alcune ricerche condotte in una foresta subalpina delle Montagne Rocciose in Colorado (USA).

La presenza della copertura arborea costituita dal lariceto ha, inoltre, esercitato una significativa influenza sul grado di umidità del manto nevoso e quindi sulla sua densità soprattutto negli episodi di nevicate precoci: prima della perdita degli aghi sono stati registrati intensi input di acqua derivante dalla fusione della neve intercettata. La massa volumica media del manto nevoso è risultata superiore nel lariceto rispetto al prato, con valori rispettivamente di 210 Kgm-3 e 182 Kgm-3.

La distribuzione dell'acqua di fusione all'interno del manto nevoso è risultata essere strettamente correlata con la presenza di deposizioni di lettiera inglobata nella copertura nevosa soprattutto nel periodo tardo-invernale. A seguito del rigelo dell'acqua di fusione, il cui flusso discendente viene significativamente ostacolato dagli strati di lettiera, vengono originati strati di neve particolarmente duri proprio in corrispondenza di tali deposizioni. In fase di fusione-rigelo possono dunque formarsi potenziali piani di scorrimento per il distacco di valanghe a lastroni.

Nella stessa prova sperimentale, è inoltre emerso come la presenza di una copertura arborea determini un effetto mitigatore nei confronti della temperatura dell'aria libera. Di conseguenza si sono osservati minori gradienti termici del manto nevo-

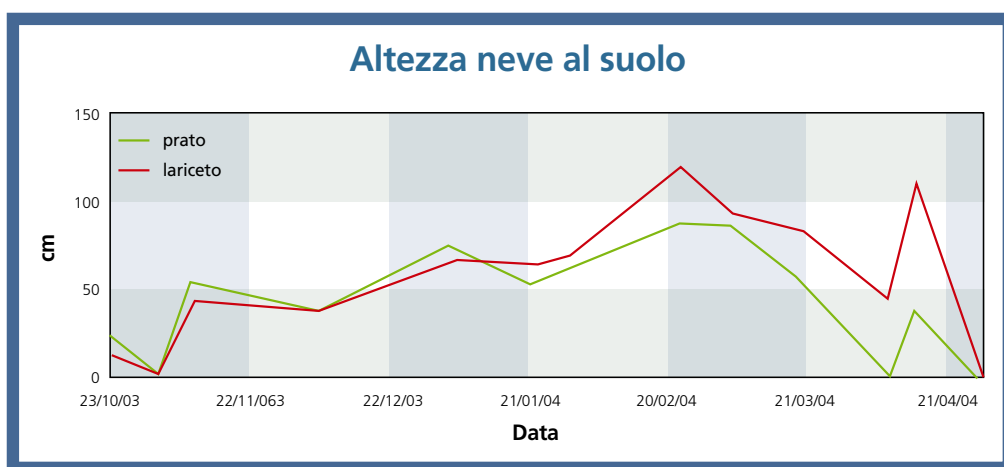
so, con la prevalenza di cristalli arrotondati ed una ridotta presenza di cristalli sfaccettati e a calice rispetto alle superfici non boscate. Inoltre all'interno delle superfici boscate è stata osservata una minore presenza di brina di superficie sul manto nevoso, possibile fattore predisponente il distacco di valanghe a lastroni (McClung e Scheerer, 2006).

Il rimaneggiamento del manto nevoso ad opera del vento in foresta è in genere ridotto. Tuttavia, in corrispondenza di radure presenti all'interno della superficie boscata, il vento può subire violente accelerazioni ed assumere un moto tur-

bolento provocando così accumuli anche importanti.

Per quanto riguarda lo scivolamento della neve al di sotto di coperture forestali, esso risulta quasi impercettibile poiché la rugosità del terreno è generalmente superiore rispetto al suolo nudo, anche per la presenza delle ceppaie capaci di contribuire positivamente all'ancoraggio e alla stabilità del manto nevoso stesso. Nel piano montano superiore e subalpino, in particolare al di sotto di coperture di larice, le radure in un popolamento forestale sono però una componente imprescindibile della struttura naturale e

Fig. 2: Altezza del manto nevoso sotto lariceto ed al di fuori della copertura forestale (vedi grafico in "Neve e Valanghe" n. 58, pp. 74-81, nell'articolo Suoli più freddi in un mondo più caldo? Il ruolo della neve nel condizionare la temperatura e la vita del suolo, Freppaz et al., 2006, 2008).



sono necessarie per la rinnovazione. In tali zone non sono quindi da escludersi importanti movimenti del manto nevoso (Höller, 2001; Berretti et al., 2006) e non è raro, infatti, osservare evidenti sciabollature dei fusti nelle zone caratterizzate da elevata nevosità e/o elevata acclività e/o elevati tempi di permanenza di neve al suolo.

Anche la componente arbustiva e basso-arborea può rivelare un, seppur limitato, potere stabilizzante ma ciò si esaurisce del tutto qualora la sua altezza venga superata dall'altezza della copertura nevosa. In questo caso, inoltre, si creano le condizioni idonee alla formazione di strati

anche rilevanti di cristalli a calice in corrispondenza delle sacche d'aria originatesi nell'interfaccia suolo-neve.

CARATTERISTICHE DEL BOSCO E DISTACCO DELLE VALANGHE

Dato che le coperture forestali non possono fermare le valanghe di grandi dimensioni, il loro effetto si limita al rallentamento degli scaricamenti ed alla stabilizzazione del manto nevoso nelle potenziali aree di distacco.

Nei pendii boscati, il distacco delle valanghe è in genere limitato a pendenze supe-

riori ai 30° (Schneebeli e Bebi, 2004).

Per quanto riguarda l'altezza efficace degli alberi, in Giappone, Saeki e Matsuoka (1969) hanno stabilito una regola empirica: l'altezza media degli alberi deve essere pari a 1.5-2 volte l'altezza del manto nevoso, a patto che ci sia un numero sufficiente di alberi (>50% del numero totale di alberi) che fuoriesce dal manto nevoso, riuscendo a stabilizzarlo.

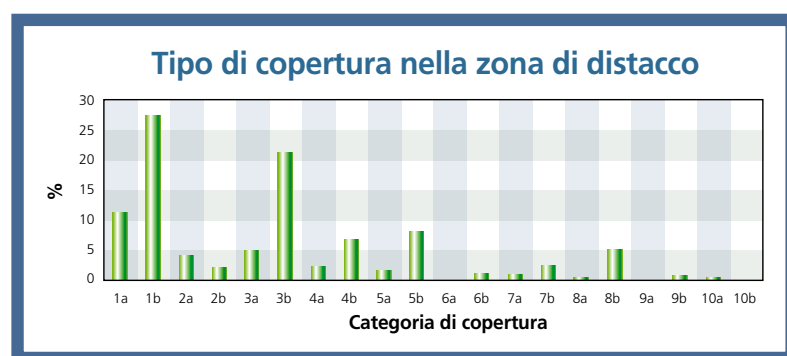
Tale regola corrisponde anche ad osservazioni effettuate nelle Alpi.

In un'esperienza condotta nel British Columbia sono stati indagati 76 siti valanghivi localizzati nelle Coast Mountains e nelle Columbia Mountains con la finalità di analizzare i parametri che caratterizzano la zona di distacco di valanghe ad alto potere distruttivo (McClung, 2001).

Sono stati quindi presi in considerazione il grado di rugosità del terreno, la densità della vegetazione, l'altezza della vegetazione e conformazione del suolo.

In particolare, è stato evidenziato come la rugosità del terreno possa effettivamente ridurre la frequenza di distacco valanghe,

Fig. 3: Frequenza di valanghe in relazione alla copertura nella zona di distacco. Con le categorie 8a e 8b sono indicate le superfici boscate con morfologia incanalata e di versante interessate da distacchi valanghivi (Letey S., 2008).



qualora presenti un'altezza superiore ai 2 m. L'altezza delle piante si è dimostrata essere un parametro determinante: circa il 90% di eventi valanghivi si sono verificati in presenza di vegetazione con altezza uguale o inferiore ai 2 m.

Meyer-Grass (1987) ha indicato come un bosco sia in grado di svolgere la sua funzione protettiva quando abbia una densità superiore a 250 piante/ha, con altezze maggiori di 3 m. Si tratta di un valore più elevato rispetto a quello osservato in British Columbia. Occorre comunque considerare la nevosità media e gli accumuli di neve al suolo di ogni sito indagato per scegliere il valore più appropriato.

Per quanto riguarda il grado di copertura è emerso che, con valori superiori al 46%, la frequenza di eventi valanghivi ha subito una notevole riduzione.

Con l'aumentare della pendenza e dell'altezza di neve, solo gli alberi con diametro maggiore sono considerati come perfettamente efficaci, in quanto in grado di resistere alla pressione del manto nevoso. Secondo quanto detto, nello studio effettuato da Meyer-Grass (1987) vengono considerate solo le piante con diametro a petto d'uomo superiore a 16 cm, poiché ritenute più efficaci e risulta evidente come la densità del popolamento forestale (in questo caso) e il grado di copertura dipenda strettamente sia dalla pendenza del pendio sia dalla composizione specifica (prevalenza di latifoglie, di latifoglie e conifere, di conifere sempreverdi, di conifere sempreverdi e caducifoglie e di conifere caducifoglie).

Riguardo alla distribuzione diametrica, è infatti noto che piante con diametro inferiore a 6-10 cm mostrano un base elastica e possono contribuire solo parzialmente alla stabilizzazione del manto nevoso (Johnson, 1987).

Per quanto riguarda il grado di copertura, nel caso di popolamenti a foglia persistente, esiste una regola empirica secondo la quale, in condizioni di alberi dotati di un'altezza efficace e distribuiti in maniera regolare (assenza di grandi radure), è sufficiente un grado di copertura del

50-60% a impedire il distacco di valanghe di medie-grandi dimensioni.

Se la copertura è inferiore a tale valore percentuale, allora l'effetto protettivo del popolamento dipende dal numero di tronchi ad ettaro, considerando anche la quantità di necromassa (Perzl, 2007).

Oltre alla densità complessiva del popolamento forestale che, come visto, riveste importanza tutt'altro che irrilevante, è necessario considerare anche le eventuali aperture presenti all'interno del bosco. Con un grado di copertura del 50% e una pendenza di 35°, per larghezze di radure stimate intorno ai 15 m, il distacco di una valanga è considerato come poco probabile. Aperture superiori a 30 m in direzione della pendenza e 15 m lungo la stessa curva di livello non possono impedire il distacco valanghe (Imbeck 1983) poiché la copertura nevosa risulta stabilizzata da alberi maturi solo per una distanza di 2-3 m attorno al tronco (In der Gand 1978). Nelle foreste montane e subalpine un grado di copertura superiore al 50% e l'assenza di aperture di dimensioni elevate sono i presupposti per prevenire il distacco valanghe: con pendenze comprese tra i 35 e 40°, ad esempio, le aperture non devono superare i 50 m lungo la massima pendenza (Schonenberger et al. 2005).

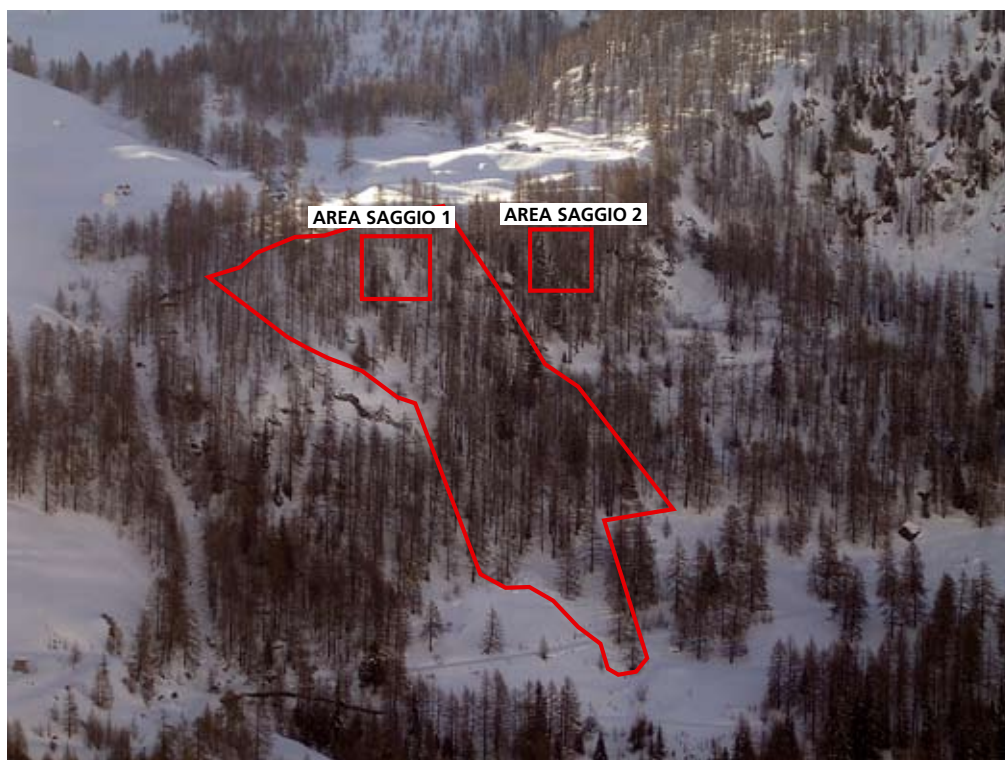
VALANGHE IN FORESTA: IL CASO STUDIO DELLA VALLE D'AOSTA

La variabilità delle caratteristiche delle coperture forestali (ad esempio composizione specifica e densità del popolamento) ne rende estremamente difficile la valutazione dell'efficacia protettiva. La conoscenza di tali variabili non può che essere ottenuta attraverso l'analisi di superfici forestali effettivamente interessate da eventi valanghivi.

La Convenzione dell'Assessorato Territorio Ambiente e Opere Pubbliche della Regione Autonoma Valle d'Aosta con il Di.Va.P.R.A.-LNSA dell'Università degli Studi di Torino ha previsto la riorganizzazione del Catasto Regionale Valanghe. Nell'ambito di tale attività è stato possibile verificare l'incidenza degli eventi valanghivi in bosco registrati nel territorio regionale.

Nella zona di distacco la copertura forestale può svolgere un ruolo fondamentale evitando la formazione delle condizioni predisponenti al distacco delle valanghe. Per svolgere questa funzione il bosco deve avere determinate caratteristiche di copertura, struttura e composizione specifica. Nella zona di scorrimento della va-

Fig. 4: Esempio di delimitazione delle aree di saggio nel comune di Valgrisenche (Ao); si osservano l'area dalla valanga, l'area di saggio interna alla zona di distacco (1) e l'area di saggio esterna (2) (Viglietti D., 2007).



larga, invece, la copertura forestale non può, in alcun modo, bloccare o rallentare la corsa della massa nevosa mentre è possibile che nella buffer zone (ossia ai margini laterali del percorso) una fascia forestale protettiva possa contribuire a limitare l'estensione della superficie interessata alla valanga. Anche nella zona di accumulo la foresta non può esercitare una efficace azione di difesa ed è alquanto frequente osservare notevoli danni al bosco provocati dal "soffio della valanga". In particolare l'analisi storica,

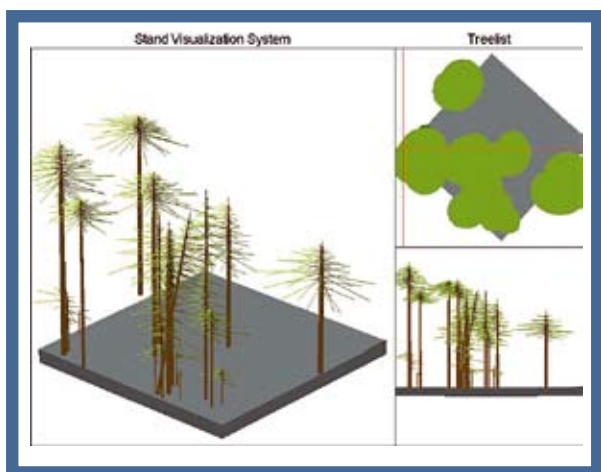
effettuata presso il Catasto Valanghe della Regione Autonoma Valle d'Aosta, ha mostrato come la maggioranza delle valanghe censite in Valle d'Aosta (30%) abbia provocato gravi danneggiamenti ai boschi (Viglietti, 2007; Letey, 2008). Inoltre, su un totale superiore alle 1000 valanghe censite, il 5,5% ha presentato la zona di distacco all'interno di superfici forestali (Figura 3).

Nei siti individuati ma interessati da eventi valanghivi negli ultimi dieci anni, sono state predisposte aree di saggio di 25x25 m. La realizzazione di corrispettive aree di saggio esterne alla zona di distacco, ma collocate alla medesima quota, esposizione e pendenza, ha permesso una comparazione diretta dei principali parametri forestali interni ed esterni all'area valanghiva (Figura 4). Nelle suddette aree di saggio sono state rilevate densità, composizione specifica, distribuzione diametrica, dimensione delle chiome finalizzata al calcolo della copertura e coordinate considerando ogni individuo arboreo di altezza superiore a 2 m: tali misure sono

state impiegate nella modellizzazione del bosco con il software SVS (Stand Visualization System) (Figura 5).

Considerando le valanghe originatesi in bosco negli ultimi dieci anni, è emerso come la totalità degli eventi si sia verificata in occasione di un grado di pericolo valanghe superiore a 3-marcato, prevalentemente nel periodo tardo-invernale o primaverile e caratterizzati, in più della metà dei casi, da uno strato di cristalli a calice o angolari all'interfaccia suolo-neve. Dal punto di vista delle caratteristiche dei popolamenti forestali, in generale, sembra che un bosco con grado di copertura superiore al 50% sia in grado di impedire il distacco di valanghe. Tuttavia, il fattore maggiormente discriminante il distacco valanghivo risulta essere la densità del popolamento forestale: nella totalità dei casi esaminati, tale valore è inferiore nei popolamenti interni alle zone di distacco rispetto ai popolamenti limitrofi, non interessati dal distacco valanghivo. Considerando i pendii di inclinazione pari a 40°, nel caso di boschi

Fig. 5: Esempio di modellizzazione di un popolamento forestale tramite l'uso del software SVS.



di conifere caducifoglie, una densità del popolamento pari a 210 piante/ha è risultata sufficiente ad impedire il distacco, mentre per i popolamenti di conifere caducifoglie misto sempreverdi, i valori di densità rinvenuti, sufficienti ad impedire il distacco valanghivo, sono risultati pari a 320 piante/ha.

L'effettivo verificarsi degli eventi valanghivi sembra comunque essere legato non solo a parametri selvicolturali ma anche alle caratteristiche nivometeorologiche, morfologiche (es. cambi di pendenza) ed alla presenza o meno di copertura arbustiva (Maggioni et al., 2007). Ne deriva l'estrema difficoltà di individuare valori soglia fissi applicabili in qualunque contesto territoriale e solo un costante lavoro di arricchimento della banca dati attualmente disponibile potrebbe incrementare la conoscenza del grado di riduzione delle condizioni di instabilità del manto nevoso da parte del bosco, con l'obiettivo di preferire, ove possibile, un'adeguata gestione del bosco rispetto all'impiego di opere permanenti di difesa attiva. È lecito sottolineare come, con l'aumentare della quota, fino a raggiungere il limite superiore del bosco, i popolamenti sono generalmente poco uniformi e occupano le microstazioni favorevoli, localizzate su dossi e rilievi del terreno, mentre non possono accrescersi nei canali per limitazioni di carattere ecologico, per i movimenti del manto nevoso e per il prolungato periodo di innevamento. Questo comporta una naturale perdita di efficacia della funzione protettiva che deve dunque, ove necessario, essere rinforzata da interventi strutturali di difesa attiva anche finalizzati ad aumentare la rinnovazione potenzialmente a rischio in aree particolarmente valanghive. Da quanto detto è evidente come la previsione di eventi valanghivi, di per se già notevolmente complessa, risulta essere particolarmente difficile qualora questi si originino in bosco: oltre alle numerose variabili nivologiche e inerenti alla conformazione territoriale occorre considerare le altrettanto numerose caratteristiche forestali. Queste ragioni, associate alla

scarsa disponibilità di dati nivologici sotto coperture forestali (solitamente i rilievi vengono effettuati lontano dal bosco per evitare che questo influenzi i dati in modo significativo) ed alle dimensioni spesso ridotte che caratterizzano i fenomeni valanghivi all'interno del bosco, hanno portato ad una attività di ricerca tuttora lacunosa. Lo scarso bagaglio di conoscenze relative ai fenomeni valanghivi originatisi all'interno del bosco o in una zona potenzialmente boscata ha portato in passato e porta tuttora ad intervenire con interventi strutturali, spesso poco attenti al loro impatto sull'ambiente.

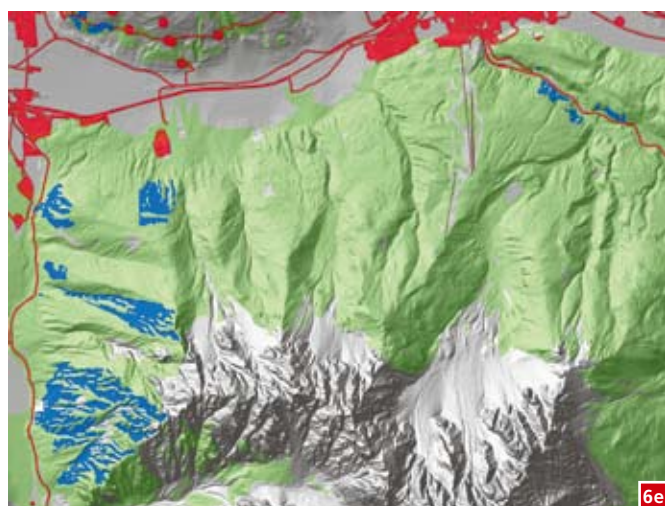
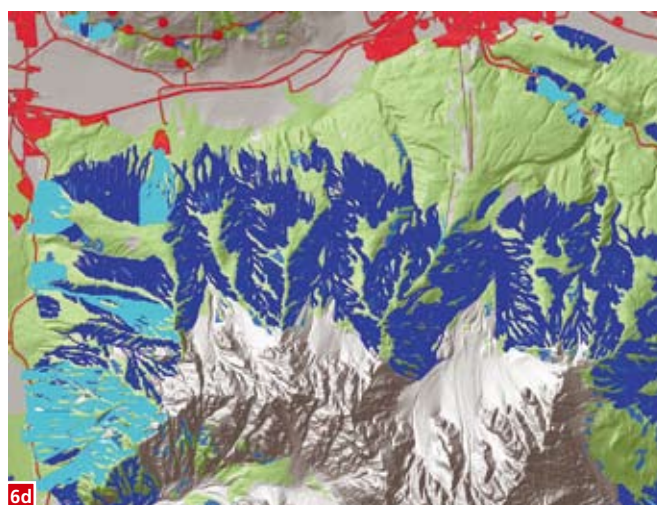
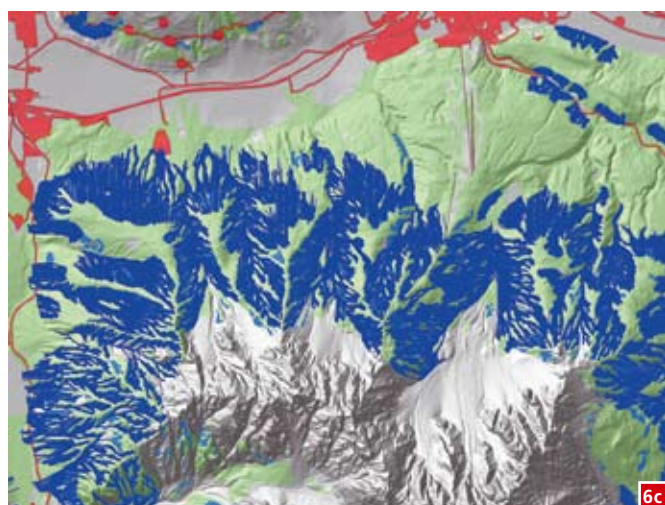
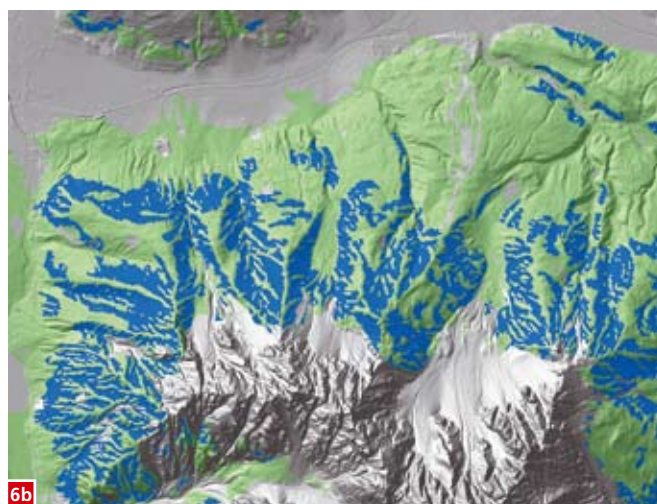
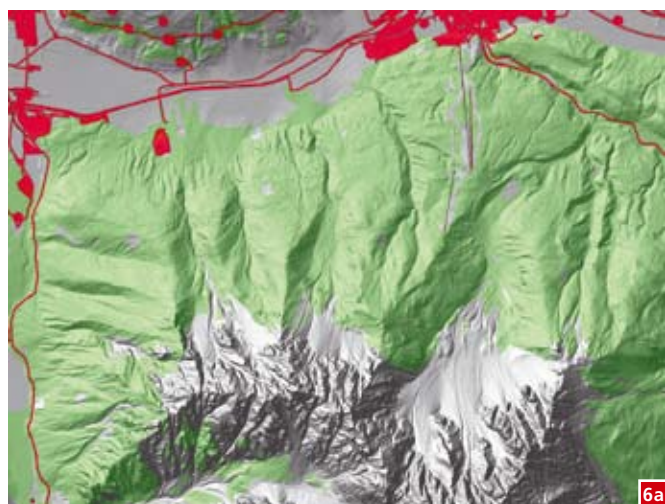
LA DELIMITAZIONE AUTOMATICA DELLE FORESTE DI PROTEZIONE: IL CASO STUDIO DELLA PROVINCIA DI BOLZANO

Siccome nella Provincia Autonoma di Bolzano non esistevano informazioni sulle foreste di protezione, nell'2007 l'Ufficio di Pianificazione forestale iniziò un progetto per la localizzazione e la delimitazione delle foreste di protezione. L'obiettivo di questo progetto è stato di dare le risposte a queste domande:

- Dove la foresta è in grado di proteggere persone, case, infrastrutture economiche e linee di trasporto nella Provincia di Bolzano dai processi valanghivi, dai crolli e dai fenomeni torrentizi?
 - Quale percentuale della copertura forestale ha funzione di protezione specifica?
- Si è cercato di trovare le risposte nell'arco di alcuni mesi ed a questo proposito, a causa dell'esigenza di una procedura trasparente ed applicabile in tutto il territorio provinciale (7000 km²), le foreste di protezione sono state delimitate tramite una procedura GIS (Fig. 6). Con l'aiuto di modelli di simulazione sono state modellate tutte le aree sottoposte potenzialmente a processi valanghivi, crolli e colate detritiche, seguendo gli approcci di Heinimann et al. (1998). I risultati di questo progetto costituiranno la base per un'efficiente gestione e cura delle foreste di protezione. I

risultati delle modellazioni sono costituiti dalle carte della localizzazione probabile dei processi geomorfologici considerati. Queste carte indicano il tipo di processo e delimitano le aree probabilmente esposte a questi processi, ma non contengono informazioni in dettaglio come l'intensità e la probabilità di accadimento. Le carte della localizzazione probabile presentano la somma di tutti gli scenari possibili. Le aree potenzialmente sottoposte ai pericoli naturali sono state sovrapposte con gli oggetti vulnerabili e con alta probabilità di presenza di persone. La base di tutto il progetto è stata l'individuazione strategica della tipologia degli oggetti da tutelare come infrastrutture e valori economici per cui il bosco deve avere funzionalità protettiva. Così, le foreste di protezione sono state delimitate considerando gli oggetti predefiniti da tutelare.

Siccome questo articolo si concentra soltanto sui processi valanghivi, la procedura viene descritta per questa tipologia di pericolo. Come descritto in avanti, per questo progetto è stato assunto che le foreste non frenano le valanghe distaccate al di sopra del limite boschivo. Per questo sono state considerate soltanto le aree di distacco entro il perimetro del bosco, in assunzione che le aree topograficamente idonee per il distacco di valanghe fossero aree di distacco reali se non imboschite. Il primo passo è stata la modellazione delle aree di distacco valanghe, utilizzando un modello empirico tarato al di fuori delle foreste, simile all'approccio di Maggioni et al. (2007). Il secondo passo è stata la modellazione delle aree di transito e di deposito delle valanghe. Per ogni cellula delle aree di distacco sono state calcolate le traiettorie delle valanghe in formato vettoriale, seguendo l'approccio "random walk" di Gamma (2000). In questo approccio, dopo ogni trapasso di una valanga modellata, la cellula relativa del modello digitale del terreno al di sotto di una certa pendenza viene alzata per un po'. La traiettoria seguente ritrova un modello digitale del terreno lievemente modificato. Così il possibile allargamento di una valanga sul conoide può essere



Procedura per la localizzazione e la delimitazione automatica delle foreste di protezione contro le valanghe nell'esempio del comune di Dobbiaco, Provincia Autonoma di Bolzano.

Figura 6a mostra gli oggetti vulnerabili da tutelare;

Figura 6b mostra le aree nell'area boschiva che sono topograficamente idonee per un distacco di valanghe;

Figura 6c presenta i risultati del modello di simulazione delle valanghe;

Figura 6d presenta le traiettorie selezionate che interferiscono con gli oggetti vulnerabili da tutelare;

Figura 6e presenta le foreste di protezione contro le valanghe, delimitati seguendo la procedura presentata.



considerato in modo soddisfacente. Per ogni cellula di distacco sono state calcolate 30 traiettorie. La distanza di arresto è stata calcolata tramite l'approccio di Perla et al. (1980), un approccio Voellmy lietamente modificato. Nel terzo passo sono state selezionate le traiettorie che interferiscono con gli oggetti vulnerabili e le relative zone di distacco. Le zone di distacco di valanghe entro il perimetro della foresta di cui le relative traiettorie interferiscono con gli oggetti vulnerabili sono state classificate come foreste di protezione specifica (processi valanghivi). Con questa procedura si sono potute localizzare e delimitare le foreste di protezione in modo trasparente e rintracciabile entro un breve periodo di tempo. Le foreste di protezione specifica contro valanghe costituiscono una percentuale

di 16% della superficie totale delle foreste nella Provincia Autonoma di Bolzano. La procedura è stata sviluppata in modo modulare, così la procedura di delimitazione può essere ripetuta dopo un eventuale cambio della lista degli oggetti da tutelare. In un'analisi di sensitività sono state calcolate le incertezze di ogni parametro necessario nella procedura. Quest'analisi ha dimostrato che la scelta del modello di simulazione delle valanghe è meno importante della scelta di differenti tipologie di oggetti vulnerabili. La percentuale della foresta di protezione all'area totale con l'uso del metodo empirico di Lied et al. (1997) è aumentata all'incirca di 2 % comparandolo con il metodo di Perla et al 1980, mentre per esempio con la considerazione delle vie di accesso ai masi nella lista dei soggetti vulnerabili

la percentuale è aumentata fino al 10%. Secondo la procedura presentata, nella Provincia Autonoma di Bolzano le foreste di protezione tutelano più di 7000 case e in esse più di 30800 persone. Gli investimenti necessari per mantenere lo stesso livello di sicurezza (opere paravalanghe in legno) se non fosse presente il bosco di protezione ammonterebbero a circa 12 miliardi di Euro. Con questi dati l'enorme importanza e la necessità di una efficace gestione delle foreste di protezione possono essere evidenziati. Facendo riferimento ai capitoli introduttivi ed all'importanza delle foreste di protezione per il funzionamento delle nostre infrastrutture gli investimenti negli studi per l'influenza del bosco sulla dinamica del manto nevoso e la sua stabilità possono creare una rendita non trascurabile.

Bibliografia

- Berretti R., Caffo L., Camerano P., De Ferrari F., Domaine A., Dotta A., Gottero F., Haude-
mand J.C., Letey C., Meloni F., Motta, R., Ter-
zuolo P. (2006). Selvicoltura nelle foreste di
protezione. Esperienze ed indirizzi gestionali
in Piemonte e Valle d'Aosta Compagnia delle
foreste, Arezzo.
- Brang, P., Schonenberger, W., Ott, E.,
Gardner, B. (2001). Forests as protection from
natural hazards. The Forests Handbook, vol.
2. Blackwell Science, Oxford, pp. 53–81.
- Brundl, M. Schweizerisches Landesfor-
stinventar (1999). Ergebnisse der Zweitaus-
nahme. p 442.
- Fierz C., Armstrong R., Durand Y., Etchevers
P., Greene E., McClung D.M., Nishimura K., Sa-
tyawali P.K., Sokratov S. (2008). The Interna-
tional Classification of seasonal snow on the
ground. European Geoscience Union Confe-
rence, Vienna 2008. Geophysical Research
Abstracts Vol. 10 EGU2008-A-10525.
- Freppaz M., Marchelli M., Viglietti D., Bruno
E., Zanini E. (2006). Suoli più freddi in un
mondo più caldo? Rivista Neve e Valanghe
n. 58 pp. 74–81.
- Freppaz M., Marchelli M., Celi L., Zanini E
(2008) Snow removal and its influence on
temperature and N dynamics in alpine soils
(Vallée d'Aoste - NW Italy). Journal of Plant
Nutrition and Soil Science 171: 1–9.
- Gamma, P., (1999) Dfwalk - Ein Murgang-
Simulationsmodell zur Gefahrenzonierung.
Dissertation Universität Bern, Bern.
- Heinimann, H., Hollenstein, K., Kienholz, H.,
Krummenacher, B., Mani, P. (1998) Methoden
zur Analyse und Bewertung von Naturge-
fahren. Bundesamt für Umwelt, Wald und
Landschaft, Bern.
- Höller P.(2001). Snow gliding and avalan-
ches in a south-facing larch stand.
- In: Soil-Vegetation-Atmosphere Transfer
Schemes and Large-Scale Hydrological
Models (Proceedings of a symposium held
during the Sixth IAHS Scientific Assembly at
Maastricht, The Netherlands, July 2002). IAHS
Publications, Washington, (270): 1–4
- In der Gand H. (1978). Verteilung und Struk-
tur der Schneedecke unter Waldbaumen
und im Hochwald. International Seminar
on Mountain Forests and Avalanches. IUFRO
Working Party on Snow and Avalanches.
Davos: Swiss Federal Institute for Snow and
Avalanche Research pp. 98–119.
- Johnson E.A. (1987) The relative impor-
tance of snow avalanche disturbance and
thinning on canopy plant populations. Eco-
logy 68: 43–53.
- Letey S. (2008). Tesi di Laurea. Facoltà di
Agraria, Università di Torino.
- Lied, K., Weiler, C., Bakkehoi, S., Hopf, J.
(1995) Calculation methods for avalanche
run-out distance for the Austrian Alps. NGI
report, 581240-1.
- Maggioni M., Freppaz M., Bergero M, Ber-
tranda L. (2007). Identificazione di potenziali
aree di distacco valanghe. Neve e Valanghe
61: 62–69.
- McClung, D.M. (2001). Characteristics of
terrain, snow supply and forest cover for ava-
lanche initiation caused by logging. Annals
of Glaciology 32: 223–229.
- McClung D.M. e Schearer (2006). The ava-
lanche handbook. The mountaineers, 3rd
edition, Seattle.
- Meyer-Grass (1987). Wadlawinen: Ge-
fährdete Bestände, Massnahmen, Pflege des
Geirgswaldes. In Bischoff N. (ed.) Pflege des
Gebirgswaldes: Leitfaden für die Begründung
und forstliche Nutzung von Gebirgswäldern.
Berna, Svizzera. EDMZ pp. 379.
- Meloni F., Lingua E., Motta R. (2006). Ana-
lisi della funzione protettiva delle foreste:
l'esempio della "Carta delle foreste di pro-
tezione diretta della Valle d'Aosta. Atti 5°
Congresso SISEF: Foreste e Società - Cam-
biamenti, Conflitti, Sinergie
- Motta, R. (1995) I lariceti delle Alpi occiden-
tali: un problema ecologico selvicolturale.
SILVAE pedemontis. 1: 7–16.
- Perla, R., Cheng, T., McClung, D. (1980)
A Two-Parameter Model of Snow-Avalan-
che Motion. Journal of Glaciology, 26(94):
197–207.
- Perzl F. (2007). Beurteilung der Lawinen
– Schutzwirkung des Waldes. BFW – Praxi-
sinformation 8: 27–31.
- Pomeory J.W. e Brun E. (2001). Physical
properties of snow. In: Snow Ecology, Cam-
bridge University Press. Pp.378.
- Saeki, M., and Matsuoka, H., (1969). Snow-
buried young forest trees growing on steep
slopes. Seppyo: Journal of the Japanese So-
ciety of Snow and Ice, 31: 19–23.
- Schonenberger W., Noack A., Thee P.
(2005). Effect of timber removal from
windthrow slopes on the risk of snow ava-
lanches and rockfall. Forest Ecology and
management 213: 197–208.
- Schneebeli M. e Bebi P. (2004). Snow and
avalanche control. In: Burley J., Evans J.,
Youngquist J.A. (Eds.). Encyclopedia of forest
sciences. Elsevier. Pp. 397–402.
- Viglietti D. (2007). Tesi di Laurea, Facoltà di
Agraria, Università di Torino.