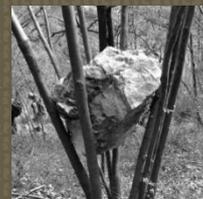


La carta dei boschi di protezione da massi della provincia di Trento

Metodologia di elaborazione e modalità di impiego

Generalità sui meccanismi di crollo e rotolamento massi e ruolo del bosco, criteri di gestione delle foreste con funzione protettiva, metodologia di individuazione cartografica dei boschi protettivi da massi e caratteristiche dei boschi protettivi della provincia di Trento



Provincia Autonoma di Trento
Servizio Foreste e fauna

dicembre 2016

La carta dei boschi di protezione da massi della provincia di Trento

Metodologia di elaborazione e modalità di
impiego

Provincia
Autonoma
di Trento

Servizio Foreste e fauna
Alessandro Wolynski

Servizio Autorizzazioni e
Valutazioni Ambientali

*Laura Masé
Angelo Carriero*

Servizio Geologico
Riccardo Campana

Sommario

| | |
|---|----|
| Premessa | 3 |
| Il fenomeno dei crolli..... | 3 |
| Area sorgente | 3 |
| Area di transito..... | 4 |
| Area di arresto..... | 4 |
| Identificazione del bosco protettivo | 4 |
| Gestione del bosco protettivo da massi..... | 5 |
| Gestione della zona sorgente | 5 |
| Gestione nella zona di transito e di arresto | 6 |
| Gestione sostenibile del bosco protettivo | 8 |
| Il modello di elaborazione | 10 |
| Descrizione generale del modello | 10 |
| Descrizione degli strati informativi utilizzati | 12 |
| Aree a pericolo di crollo | 12 |
| Aree a bosco..... | 13 |
| Obiettivi sensibili potenziali | 13 |
| Modello digitale del terreno | 16 |
| L'elaborazione della carta | 16 |
| Gli strati informativi risultanti | 17 |
| Obiettivi sensibili da proteggere | 17 |
| Versanti incidenti | 17 |
| Boschi a Vocazione Protettiva da Massi..... | 17 |
| Estensione e caratteristiche dei boschi protettivi..... | 18 |
| Uso e limiti della carta..... | 18 |
| Bibliografia | 21 |

Premessa

Nelle aree montane i boschi che ricoprono i versanti possono svolgere una importante funzione protettiva delle infrastrutture sottostanti dai pericoli dovuti a fenomeni gravitativi dovuti al distacco e alla caduta di massi. Questo ruolo particolare svolto dai boschi montani, grazie anche a studi sperimentali che ne hanno dimostrato l'efficacia, è sempre più riconosciuto nelle legislazioni degli stati e delle regioni caratterizzate dalla presenza di aree montuose. In tali regioni i boschi con funzione protettiva sono oggetto di particolare attenzione sia per quanto attiene la loro conservazione, che per quanto riguarda il mantenimento della loro stabilità ed efficacia protettiva.

L'obiettivo di questo documento è illustrare le modalità attraverso le quali i boschi possono svolgere una funzione di trattenuta dei massi, la metodologia seguita per la loro identificazione, i limiti e le accortezze da impiegare nell'utilizzo della cartografia prodotta e i criteri con i quali tali boschi vanno gestiti.

Il fenomeno dei crolli

L'analisi del fenomeno dei crolli non comporta solo una valutazione del pericolo di distacco di massi o pietre ma anche uno studio delle modalità con le quali tali materiali interagiscono con l'ambiente nel loro spostamento. Tipicamente vengono identificate tre zone: la zona di distacco o zona sorgente, la zona di transito e la zona di arresto o deposito, zone che possono anche sovrapporsi tra loro (zona di distacco/transito, zona di transito/arresto). Durante il loro movimento i materiali lapidei rotolano, rimbalzano, scivolano, vengono deviati nel loro percorso da ostacoli dovuti alla morfologia, alle piante o alle opere di protezione, perdendo gradualmente energia.

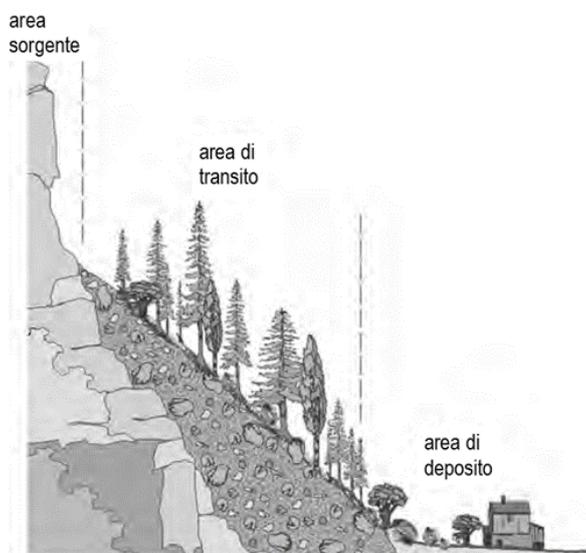


FIGURA 1 -SCHEMA GENERALE DEI FENOMENI DI CROLLO (DA DORREN ET AL., 2007)

Area sorgente

È la zona nella quale i massi si distaccano e iniziano il loro moto verso valle. Ciò avviene in zone con inclinazione superiore ai 30°, in corrispondenza di affioramenti rocciosi o repentini cambi di pendenza. La frequenza dei distacchi, la forma e la dimensione dei massi vengono influenzate anche dalla natura delle rocce, dalla stratigrafia, dall'esposizione e dalla quota.

Area di transito

Se l'inclinazione è compresa tra i 30° e i 35°, i materiali distaccatisi dalle zone sorgente sono in grado di rotolare o scivolare verso valle, con inclinazioni maggiori possono verificarsi anche rimbalzi durante il movimento verso valle. La dissipazione di energia e le traiettorie seguite dipendono da svariati fattori:

- la topografia del luogo: al diminuire della pendenza diminuisce la velocità dei blocchi; su superfici morfologicamente eterogenee i blocchi sono spesso deviati;
- la rugosità del terreno: all'aumentare delle irregolarità del terreno, blocchi di dimensioni prossime a quelle degli ostacoli intercettati sono fortemente rallentati;
- le caratteristiche del suolo: i blocchi dissipano maggiore energia urtando su suoli poco compatti;
- la forma dei massi: a parità di condizioni ambientali, i massi di forma sub-sferica raggiungono velocità maggiori rispetto a blocchi di forma allungata o ricchi di spigoli.
- la presenza di vegetazione arborea: questa è in grado di rallentare e in qualche caso di fermare il movimento dei blocchi.

Area di arresto

Indipendentemente dalla presenza di ostacoli i massi possono rotolare anche su lunghe distanze, dissipando l'energia, su pendenze comprese tra 25° e 30°, per fermarsi in genere su pendenze inferiori ai 25°. La presenza combinata della riduzione della pendenza e di un terreno rugoso e ricco di ostacoli determina una maggiore efficienza della zona di deposito. Diminuendo l'energia, anche alberi di piccolo diametro possono fermare massi di grosse dimensioni, cosa che non avviene nella zona di transito.

Nella zona di deposito il movimento dei blocchi passa dal rimbalzo allo scivolamento o rotolamento, per cui particolarmente efficace come ostacolo in grado di accrescere la rugosità del terreno diventa la presenza di legno al suolo. Ciò può essere fatto anche in presenza di zone di arresto nell'ambito delle aree di transito (piccoli ripiani pianeggianti o a scarsa inclinazione inclusi in versanti più ripidi) dove il rilascio di alberi morti a terra può contribuire efficacemente al ruolo protettivo del bosco.

Identificazione del bosco protettivo

Sul terreno è possibile utilizzare alcuni indicatori per capire se un bosco riveste una funzione protettiva diretta dalla caduta sassi (figura 2). La presenza sulle pareti che sovrastano la foresta di aree con colori molto diversi può indicare dei punti di maggior alterazione della roccia, che possono corrispondere a possibili punti di distacco. La presenza nel popolamento di piante rovesciate con ferite al piede o schiantate, nella direzione della pendenza, di ferite sui fusti sul lato a monte, di tracce di impatto al suolo (piccoli crateri), di blocchi appoggiati a terra, o fermatisi sui tronchi o le ceppaie o di file di blocchi orientati nel senso della pendenza indicano la presenza di fenomeni di movimento di materiali. Altre indicazioni possono essere tratte dalla presenza di fessure o fasce all'interno del popolamento nella direzione della pendenza con presenza di materiale legnoso danneggiato, di zone di latifoglie o di popolamenti più giovani. In

figura 2 è riportato uno schema logico di identificazione sul terreno di un bosco con funzione protettiva da massi.

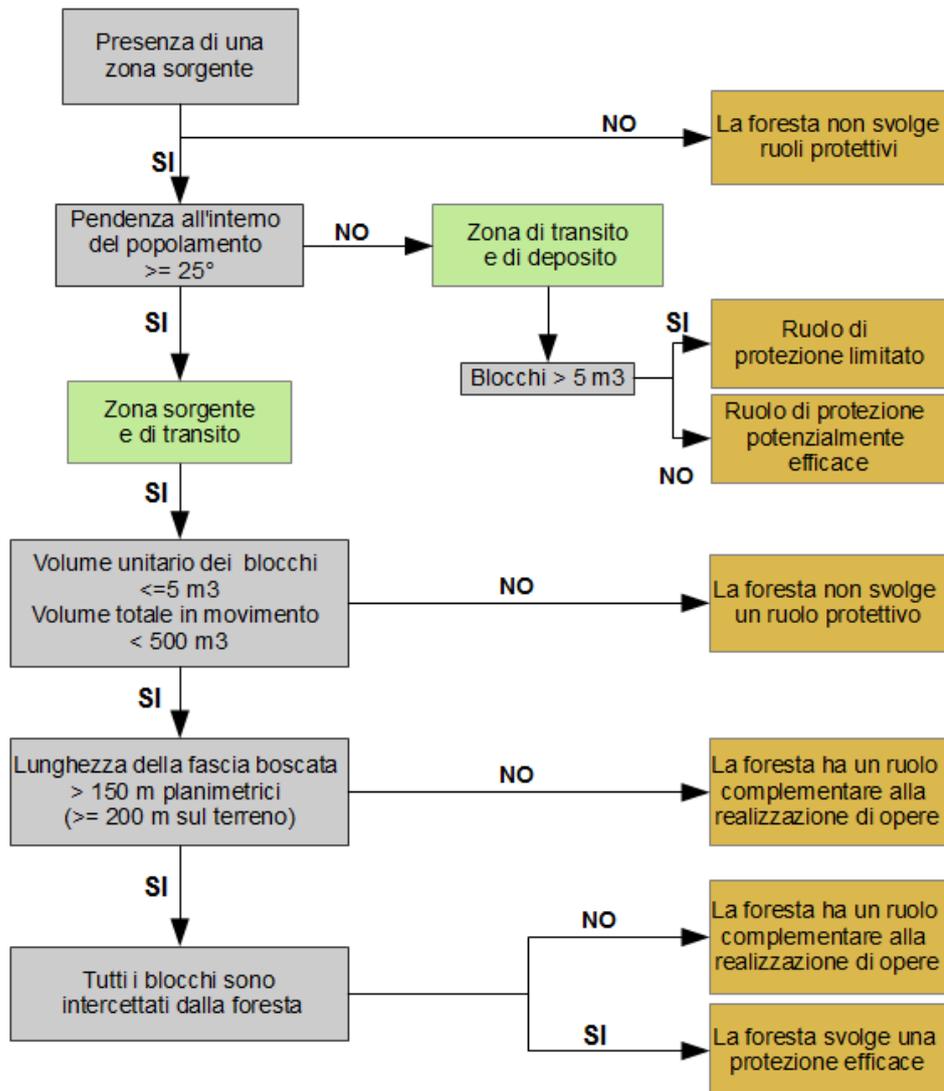


FIGURA 2 - MODALITÀ DI IDENTIFICAZIONE DI UN BOSCO PROTETTIVO

Gestione del bosco protettivo da massi

Gestione della zona sorgente

Nella zona di distacco la presenza del bosco può avere sia un effetto positivo che un effetto negativo. Da un lato infatti le radici delle piante possono trattenere i blocchi, dall'altro invece

possono accelerare l'alterazione delle rocce con l'azione fisica e chimica degli apparati radicali o provocare scalzamenti per l'effetto leva dovuto all'azione del vento sulle chiome. La presenza di alberi a ridosso dei cambi di pendenza improvvisi e degli affioramenti che possono dar luogo a distacchi è in grado di bloccare i massi prima che acquistino velocità. Il terreno boscato ha in genere un effetto di ammortizzazione maggiore rispetto al terreno nudo. Le ceppaie, se sufficientemente alte, possono contribuire a costituire un ostacolo, altrimenti possono anche funzionare da trampolino e provocare dei rimbalzi. Lo stesso dicasi delle piante a terra che, se poste in direzione obliqua rispetto alla pendenza, possono fungere da ostacolo, mentre se poste in direzione ortogonale possono provocare rimbalzi, e se poste in direzione parallela alla pendenza possono scivolare esse stesse verso valle.

Sotto l'aspetto gestionale nell'area di distacco vanno eliminati gli alberi instabili, cercando di mantenere una densità del bosco (area basimetrica) elevata e compatibile con la continuità del popolamento. Nei limiti del possibile, va limitata la distanza di ingresso, tra i punti di distacco dei blocchi e il popolamento ($\leq 20\text{m}$). Le ceppaie degli alberi tagliati vanno lasciate alte almeno 1,3 m oppure abbassate al livello del terreno. Nel caso di piante che non è possibile asportare, queste vanno abbattute e lasciate possibilmente in obliquo rispetto alla direzione della pendenza.

Gestione nella zona di transito e di arresto

La capacità delle piante arboree o arbustive di formare un ostacolo fisico al transito dei massi è trascurabile quando il volume dei massi è superiore ai 5 m^3 . Con diametri di volume inferiore, gli urti con gli alberi determinano una dissipazione dell'energia rallentando la velocità dei massi o fermandoli, e riducendo in definitiva la percentuale di massi che riesce a superare lo schermo fornito dal bosco. L'efficacia dello schermo dipende dal diametro delle piante, dalla loro densità, dalla specie, dalla struttura e dalla tessitura del popolamento.

Altro aspetto importante è la profondità della fascia di protezione. Se questa ha una lunghezza superiore o uguale ai 200 m (corrispondenti a circa 150 m planimetrici) la protezione data dal bosco può essere elevata, mentre nel caso di fasce di lunghezza inferiore in genere il ruolo del bosco è complementare alla realizzazione di opere di difesa.

Se i blocchi di piccole dimensioni possono essere trattieneuti da alberi anche di piccolo diametro, per blocchi di dimensioni superiori aumenta il diametro minimo efficace delle piante (tabella 1).

| Volume dei blocchi (m ³) | Diametro approssimativo dei blocchi (cm) | Diametri minimi efficaci degli alberi (cm) |
|--------------------------------------|--|--|
| Fino a 0,05 | Fino a 40 | Da 12,5 a 20 |
| Tra 0,05 a 0,2 | Tra 40 e 60 | Tra 20 e 35 |
| Tra 0,2 e 5,0 | Oltre 60 | Oltre 35 |

TABELLA 1 - DIAMETRO MINIMO DEI FUSTI DEFINITO EFFICACE IN FUNZIONE DELLA DIMENSIONE DEI BLOCCHI (TRATTO DA SELVICOLTURA NELLE FORESTE DI PROTEZIONE, 2006)

A parità di diametro la resistenza delle piante varia con la specie in relazione sia alla resistenza meccanica del legno che alla maggiore o minore sensibilità a marciumi e carie del fusto.

Rispetto ai valori di tabella 1, il diametro minimo efficace per determinate dimensioni dei blocchi può essere variato in aumento nel caso di specie a bassa resistenza o sensibili a marciumi, per inclinazioni del versante superiori ai 35°, in presenza di massi di forma sub-sferica, in presenza di suoli rocciosi superficiali o compatti, che limitano l'ammortizzamento, con bassa rugosità del terreno.

Il diametro minimo efficace può invece essere diminuito in situazioni con specie a elevata resistenza meccanica o poco sensibili a marciumi, inclinazioni inferiori ai 30°, massi di forma allungata o angolare, buon ammortizzamento da parte del suolo (es. suolo poco compatto, alberi a terra non sramati), e forte rugosità del terreno per presenza di massi stabili, alberi a terra ben ancorati, ceppaie alte).

Misurazioni riguardanti l'energia di fratturazione minima, media e massima delle diverse specie sono state ottenute da *Couvreur (1982)* e *Rupè (1991)* e sono riassunte in *Dorren LKA, Berger F (2006)*. In tabella 2 viene riportata una sintesi dei valori relativi rapportati con i valori del faggio, assunti come termine di confronto, relativamente alle diverse specie presenti in provincia di Trento.

| Specie | Resistenza meccanica in rapporto a <i>Fagus sylvatica</i> |
|-------------------|---|
| Picea | 0,54 |
| Larice | 0,54 |
| Abete | 0,6 |
| Pino nero | 0,67 |
| Pino silvestre | 0,68 |
| Acerò | 0,68 |
| Frassino maggiore | 0,89 |
| Carpino bianco | 0,92 |
| Ciliegio | 0,92 |
| Faggio | 1 |
| Quercia | 1,31 |
| Robinia | 1,65 |

TABELLA 2 - RESISTENZA MECCANICA DI DIVERSE SPECIE IN RELAZIONE ALLA RESISTENZA DEL FAGGIO (TRATTO DA DORREN LKA, BERGER F., 2006)

La capacità di assorbimento dell'energia cinetica dei massi oltre che dalla specie e dal diametro dipende dal fatto che l'impatto sulle delle piante intercettate avvenga centralmente, lateralmente o di striscio rispetto all'asse centrale della pianta.

Aspetto essenziale è quello che riguarda la densità delle piante presenti nel popolamento e la loro distribuzione sul versante.

Per quanto riguarda la densità, l'efficacia protettiva aumenta con il crescere del numero dei fusti che possono fare da schermo. Tuttavia una eccessiva densità può comportare sul medio termine problemi di stabilità del popolamento con una messa in crisi dell'efficacia protettiva del popolamento nel suo insieme, con fasi anche lunghe di densità insufficiente (fasi di maturità più o meno rade) o di densità elevata ma con diametri insufficienti (fasi giovanili come novelleti e spessine).

Per quanto riguarda invece la distribuzione delle piante sul versante va rilevato che su pendenze superiori a 30° i blocchi possono raggiungere la loro massima velocità ad una distanza di circa 40 m dalla zona di distacco e quindi coprire anche grandi distanze rimbalzando ripetutamente al suolo.

Sotto l'aspetto gestionale nell'area di transito vanno eliminati gli alberi instabili, cercando di mantenere una densità del bosco (area basimetrica) elevata e compatibile con la continuità del popolamento. Come obiettivo ideale, per assicurare sia l'efficacia della funzione protettiva che la perennità del popolamento, si può porre un valore minimo di almeno 25 m² di area basimetrica ad ettaro per le piante con diametro superiore alla classe diametrica 20 (da 17,5 cm in su) e una densità di almeno 350 piante/ha. Per evitare che i blocchi prendano velocità e inizino a rimbalzare occorre evitare, in particolare in prossimità della zona di distacco, aperture nella direzione della massima pendenza superiori ai 20-30 m. Nel caso di piante da abbattere, che però non sia possibile asportare, queste vanno abbattute e lasciate possibilmente in obliquo rispetto alla direzione della pendenza (Schwitter 1998, Frehner et al 2005).

Nell'area di arresto anche le stesse piante soggette ad una forte sollecitazione dovuta all'impatto dei massi, possono cadere sugli obiettivi da proteggere, e pertanto è opportuno che tali piante vengano asportate o tagliate con ceppaie alte.

Gestione sostenibile del bosco protettivo

Come si è visto l'efficacia protettiva di un bosco nei confronti della caduta di blocchi è strettamente correlata alle sue caratteristiche strutturali. Il problema della sostenibilità della gestione dei boschi di protezione diretta consiste nel fatto che se da un lato delle condizioni ottimali di efficacia si ottengono con una determinata struttura, dall'altro il bosco è un sistema dinamico, nel quale sono continuamente in azione fattori di perturbazione su scala più o meno ampia (versante, popolamento, collettivo, albero), che provocano sia modifiche strutturali dirette, sia modifiche delle condizioni ecologiche dei popolamenti (affluenza di luce, sviluppo di erbe concorrenti, mineralizzazione del suolo, ecc.) e dei fattori di crescita e sviluppo interni (rinnovazione, crescita dei diametri, sviluppo delle chiome).

Oltre che ad ottenere o a ricostruire una struttura attuale efficace contro la caduta di sassi (o contro altri pericoli), una gestione sostenibile del bosco protettivo deve perciò puntare a migliorare e conservare nel tempo la stabilità (cioè la resistenza alle perturbazioni esterne) e la resilienza dei popolamenti forestali (cioè la capacità di ricostruire velocemente un equilibrio perso a causa di una perturbazione).

| Caratteristiche migliorative della resistenza | Caratteristiche migliorative della resilienza |
|--|---|
| Schianti da vento e da neve | |
| Popolamenti ben strutturati, con margini interni lunghi e articolati. Composizione con specie poco sensibili a marciumi del fusto e delle radici, bassi punti di gravità delle chiome, bassi coefficienti di snellezza degli alberi, chiome profonde, assenza di margini esposti ai venti o alle esposizioni più calde, diradamenti che non riducono la stabilità degli individui o dei collettivi di piante | Presenza di rinnovazione in attesa di sviluppo o di ceppaie capaci di ricaccio. In assenza di rinnovazione, presenza di piante disseminatrici, presenza di micrositi adatti alla germinazione, bassa competizione da parte di erbe o arbusti, bassa pressione del pascolo o della selvaggina. |
| Valanghe e scivolamenti da neve | |
| Presenza di latifoglie (solo nelle zone di transito di valanghe), elasticità dei fusti (nelle zone con scivolamenti) | Come per schianti da vento e da neve |
| Aridità | |
| Specie capaci di convivere con stress idrici (scarsa evaporazione, buon controllo aperture stomatiche, apparati radicali estesi e profondi) | Specie capaci di produrre un nuovo apparato fogliare o di ricacciare. Se l'aridità provoca la morte degli alberi, come per schianti da vento e da neve |
| Scolitidi | |
| Specie non soggette ad attacchi di scolitidi, popolamenti misti, scarsa suscettibilità ad altri disturbi, elevato vigore degli alberi (scarsa defogliazione, chiome profonde, crescita veloce) | Come per schianti da vento e da neve |
| Ungulati | |
| Specie non appetite o poco appetite, basse popolazioni di ungulati, elevato valore foraggero dell'habitat, misure difensive (es. recinzioni) | Capacità di ricaccio della rinnovazione |
| Marciumi radicali o del fusto | |
| Specie non soggette a marciumi radicali, scarsi danni a radici e fusti per utilizzazioni o caduta sassi | Come per schianti da vento e da neve |
| Deposizioni acide | |
| Specie capaci di estrarre elementi nutritivi dagli strati profondi del suolo. Presenza di uno strato di vegetazione erbacea capace di trattenere i nutrienti. Assenza di trattamenti che asportano nutrienti (es. utilizzazione piante intere) | Specie capaci di estrarre elementi nutritivi dagli strati profondi del suolo. |
| Pratiche di utilizzazione non appropriate | |
| Sistema di controllo della qualità delle utilizzazioni efficace, elevati standard formativi degli operatori (selvicoltori, utilizzatori, personale di sorveglianza) | Specie capaci di superare velocemente i danni alla corteccia. |

TABELLA 3 - SINTESI DELLE CARATTERISTICHE MIGLIORATIVE DEI POPOLAMENTI IN RELAZIONE AI DIVERSI DISTURBI (MODIFICATO DA BRANG, 2001)

Brang (2001) fa una ricognizione delle possibili conseguenze delle varie perturbazioni possibili sullo strato arboreo in grado di ridurre l'efficacia della funzione protettiva e delle caratteristiche dei popolamenti in grado di garantire una maggiore o minore resistenza e resilienza a tali perturbazioni.

Tra gli agenti di perturbazione considerati gli schianti da vento e da neve, le valanghe e gli scivolamenti del manto nevoso, l'aridità, gli attacchi da insetti scolitidi, il morso delle popolazioni di ungulati, i funghi patogeni, le deposizioni acide e le utilizzazioni forestali non appropriate.

Gli effetti possono essere di diversa intensità a seconda dell'agente patogeno con effetti di interazione tra i vari agenti (ad esempio tra la gli attacchi di bostrico e gli schianti o i periodi di aridità prolungata).

In tabella 3 vengono descritte le caratteristiche delle foreste montane riportate da Brang (2001) in grado di rendere lo strato arboreo più resistente e resiliente nei confronti degli agenti di disturbo.

Il modello di elaborazione

Descrizione generale del modello

Lo schema generale del modello per la definizione dei boschi di protezione diretta, descritto a grandi linee in figura 3, prevede quattro strati informativi principali:

- la cartografia delle aree di crollo;
- la cartografia del bosco;
- la cartografia degli obiettivi sensibili
- il modello digitale del terreno (DTM)

Il punto di partenza è l'individuazione delle **AREE A PERICOLO DI CROLLO** e delle **AREE A BOSCO**. La funzione protettiva del bosco può manifestarsi solo da parte dei boschi inclusi nelle aree a crollo, ottenuti dall'intersezione dei due strati informativi (1), per ottenere il **BOSCO DI PROTEZIONE POTENZIALE**, cioè di quel bosco che per la sua posizione all'interno di aree di crollo può svolgere un'azione di trattenuta dei massi.

Il secondo passaggio parte dalla individuazione dello strato informativo degli **OBIETTIVI SENSIBILI POTENZIALI**, ovvero di quelle porzioni di territorio, concentrate in particolare nel fondovalle, nelle quali vi è presenza, stabile o di passaggio, di strutture, infrastrutture, persone o attività umane.

L'intersezione degli **OBIETTIVI SENSIBILI POTENZIALI** con le **AREE A PERICOLO DI CROLLO** (2), definisce gli **OBIETTIVI SENSIBILI DA PROTEGGERE** dalla caduta massi in quanto situati nelle aree a pericolo di crollo, nei confronti dei quali la presenza di un bosco efficiente può ridurre il pericolo.

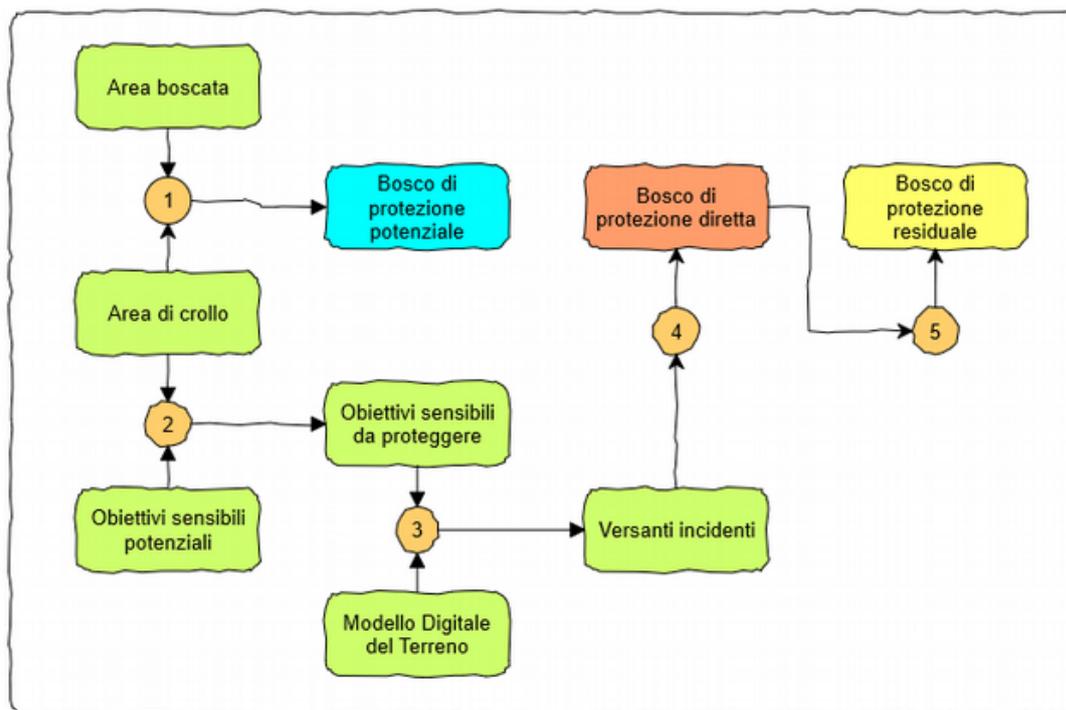


FIGURA 3 - SCHEMA GENERALE DEL MODELLO PER LA DEFINIZIONE DEI BOSCHI DI PROTEZIONE DIRETTA

Per la definizione delle porzioni di bosco che possono avere una funzione protettiva diretta su tali obiettivi è necessario individuare i **VERSANTI INCIDENTI SU OBIETTIVI**, ovvero quelle porzioni di territorio che poste a monte di tali obiettivi, possono potenzialmente scaricare materiali su di essi. Ciò viene ottenuto a partire dagli **OBIETTIVI SENSIBILI DA PROTEGGERE** con opportune elaborazioni (3) effettuate sul **MODELLO DIGITALE DEL TERRENO**.

A questo punto, intersecando lo strato informativo del **BOSCO DI PROTEZIONE POTENZIALE** con quello dei **VERSANTI INCIDENTI SU OBIETTIVI**, si ottiene lo strato informativo del **BOSCO DI PROTEZIONE EFFETTIVA**, che include le aree boscate poste in area di crollo al di sopra di obiettivi sensibili.

Alcuni dei poligoni boscati così individuati hanno dimensioni molto ridotte, in particolare nella direzione tra l'obiettivo sensibile che si vuole proteggere e le aree sorgente, con una lunghezza del tratto boscato inferiore ai 150 m orizzontali. Questi vengono declassati a **BOSCO DI PROTEZIONE EFFETTIVA RESIDUALE**, in quanto il minor numero delle piante presenti riduce l'efficacia protettiva in maniera statisticamente significativa, rendendo comunque necessaria la realizzazione di opere di difesa.

La qualità degli strati informativi di base è essenziale per un buon risultato dell'elaborazione, e la conoscenza delle loro modalità di raccolta e dei loro limiti consente una corretta valutazione ed utilizzazione delle carte risultanti e dei casi nei quali possono essere necessari ulteriori approfondimenti.

Occorre sottolineare che le carte risultanti derivano da un modello applicato ad un territorio vasto come una intera provincia, modello che opera spesso attraverso la definizione di parametri medi ritenuti generalmente attendibili. L'applicazione su scala locale e con verifiche puntuali sul terreno dei parametri in gioco, può consentire una maggiore accuratezza della cartografia. La descrizione delle possibilità di miglioramento e correzione della carta verranno esposte in un apposito capitolo dopo l'esposizione dettagliata del funzionamento del modello. Ciò che fin da subito si vuole ricordare è che la cartografia ottenuta deve essere considerata come indicativa della localizzazione dei boschi con funzione protettiva sulla base delle informazioni attualmente disponibili.

Correzioni o miglioramenti puntuali o generali dei dati di input del modello possono dare risultati localmente diversi. Inoltre alcuni fattori che concorrono alla definizione della funzione protettiva, come le caratteristiche qualitative e strutturali del bosco, non sono stati considerati dal modello per assenza di dati attendibili generalizzabili. In situazioni di incertezza o di particolare delicatezza restano necessarie verifiche in campo.

Descrizione degli strati informativi utilizzati

In generale si è cercato di utilizzare strati informativi sottoposti a regolare manutenzione, in modo da semplificare una replicazione dell'elaborazione in caso di necessità di aggiornamento della carta ottenuta. Di seguito vengono forniti dettagli sulle cartografie utilizzate nel modello, la cui conoscenza è essenziale per una corretta interpretazione dei risultati ottenuti con la carta del bosco di protezione da massi.

Aree a pericolo di crollo

La carta è stata redatta dal Servizio Geologico, come strato informativo della Carta della Pericolosità della provincia di Trento. Ai fini dell'individuazione dei boschi di protezione da massi, sono state considerate solo le aree a pericolosità elevata e media dell'aggiornamento del marzo 2016, escludendo le aree a pericolosità bassa o trascurabile.

Le aree potenzialmente interessate da fenomeni di crollo sono state ottenute con il software Rockyfor3D, che ha effettuato una modellazione della caduta di massi a partire da aree sorgente, con volumi mediamente compresi tra 2 e 5 metri cubi. Tali dimensioni sono compatibili con quelle indicate in letteratura, anche sulla base di sperimentazioni sul campo, come limiti dimensionali superiori dei blocchi che un bosco efficiente è in grado di rallentare e trattenere.

Le aree sorgente di crollo sono state individuate dal Servizio Geologico effettuando il *contour* delle celle del raster delle pendenze con valore uguale o superiore a 44° (valore di *contour* pari a 43°). Per le elaborazioni è stato utilizzato un DTM derivato dal rilievo lidar con risoluzione di 5 m. Il dato utilizzato è costituito dall'aggiornamento del febbraio 2015.

I fattori considerati nella simulazione sono i seguenti:

- Digital Elevation Model (DEM)
- Densità della roccia nelle aree sorgente
- Dimensioni dei blocchi nelle aree sorgente

- Forma dei blocchi nelle aree sorgente
- Rugosità del versante
- Caratteristiche di elasticità del suolo lungo il versante

Per le elaborazioni è stato utilizzato DEM derivato dal rilievo lidar 2006-2007 della provincia con risoluzione di 5 m. Per la densità delle rocce nelle aree sorgente si è assunto un valore medio di 2600 kg/mc. La simulazione ha considerato 20 lanci per cella sorgente con volume di simulazione compreso tra 2 e 5 mc e con forma dei blocchi sferica. La rugosità del versante e le caratteristiche di elasticità del suolo sono state determinate sulla base del dato geologico di superficie.

Tale analisi restituisce in output delle mappe in formato raster contenenti la distribuzione dell'altezza (95mo percentile), della frequenza dei passaggi e della velocità massima di caduta dei massi. L'elaborazione è stata eseguita considerando la presenza degli edifici come elemento di ostacolo al movimento dei blocchi, mentre non è stato considerato l'effetto della vegetazione o di eventuali barriere paramassi presenti. Nello strato informativo poligonale risultante dall'elaborazione dei dati raster sopra descritti, sono individuate le aree con pericolosità più rilevante dal punto di vista della frequenza e delle altre caratteristiche del moto dei blocchi.

I valori sopradescritti sono quelli utilizzati nella generalità dei casi. In situazione di particolare attenzione, dove erano presenti studi specifici di maggior dettaglio, le elaborazioni per la definizione delle aree di crollo sono invece avvenute con parametrizzazioni corrette mediante i dati rilevati a terra o tenendo conto della realizzazione di opere di difesa permanenti (valli o tomi).

Aree a bosco

Le aree a bosco utilizzate sono quelle derivate da un'elaborazione sul LiDAR 2006 e regolarmente aggiornate sulla base delle elaborazioni effettuate per la stesura del Piano Forestale e Montano provinciale e dei piani aziendali revisionati nonché di altre informazioni disponibili. Il dato utilizzato è costituito dall'aggiornamento del 30 maggio 2016.

Obiettivi sensibili potenziali

Nella definizione degli obiettivi sensibili potenziali è stato necessario effettuare una aggregazione di elementi provenienti da fonti diverse, nel tentativo di ottenere la situazione quanto più aggiornata possibile all'attualità.

Gli strati informativi considerati sono cinque:

- Viabilità principale
- Edificato
- Impianti a fune
- Piste da sci 2015
- Selezione dall'Uso del suolo pianificato

VIABILITÀ PRINCIPALE

Il tematismo della viabilità principale (viapri.shp), aggiornato regolarmente dal Servizio Opere pubbliche, individua le infrastrutture suddette con una buona accuratezza. Pertanto si è

preferito utilizzare tale dato rispetto alle due classi d'uso del suolo pianificato C01 (strade esistenti) e C02 (strade di progetto). Dalle linee dello strato informativo sono stati esclusi i tratti in galleria ed è stato applicato un buffer di 10 m per parte.

EDIFICATO

Rappresenta le aree di ingombro degli edifici rilevati sulla base del volo lidar 2006-2007. Lo strato informativo è stato prodotto dal Servizio Urbanistica e Tutela del Paesaggio nel dicembre 2012 e consente di integrare gli usi del suolo pianificato appartenenti alle categorie B, includendo anche gli edifici isolati sul territorio. Ai fini del valore dei beni da proteggere considerare tale tematismo introduce un elemento di prudenzialità in quanto non tutti gli edifici rilevati hanno necessariamente una rilevanza ai fini della determinazione del bosco di protezione. Per la scala di analisi ci si è limitati all'esclusione dei tipi già classificati nel tematismo stesso come Baracca, Serra, Stalla/Fienile e Tettoia, demandando a verifiche di dettaglio successive l'individuazione di eventuali casi particolari.

IMPIANTI A FUNE

Rappresenta l'aggiornamento al dicembre 2014 dei tracciati degli impianti di risalita a cura del Servizio Impianti a fune. Sulle linee individuate è stato aggiunto un buffer di 10 m per lato.

PISTE CICLABILI

Rappresenta l'aggiornamento al marzo 2016 dei tracciati delle piste ciclabili a cura del Servizio Ripristino e valorizzazione ambientale. Sulle linee individuate è stato aggiunto un buffer di 10 metri per lato.

USO DEL SUOLO PIANIFICATO

Per la definizione degli obiettivi sensibili sono invece considerati, partendo dalla carta dell'uso del suolo pianificato, gli usi del suolo indicati in tabella 4.

| Codice | Descrizione |
|---------------|--|
| B01 | Centro storico tradizionale |
| B03 | Area residenziale di recente impianto |
| B05 | Area commerciale |
| B07 | Area alberghiera o agrituristica |
| B09 | Area per servizi socio-amministrativi, scolastici |
| B10 | Area per servizi di livello provinciale |
| B11 | Area per servizi sportivi |
| B13 | Area per servizi infrastrutturali e discariche |
| B15 | Parcheggi |
| B16 | Area zootecnica |
| B17 | Area produttiva industriale-artigianale |
| B18 | Area mista (commerciale e terziaria) |
| B20 | Area produttiva industriale-artigianale di livello provinciale |
| B21 | Area a campeggio |

| | |
|-----|--|
| B22 | Campo nomadi |
| C03 | Strada ciclo-pedonale (livello Zonizzazione) |
| C05 | Ferrovia esistente (livello Zonizzazione) |
| C07 | Aeroporto esistente |
| C09 | Porto esistente |
| C11 | Interporto |

TABELLA 4 USI DEL SUOLO CONSIDERATI TRA GLI OBIETTIVI SENSIBILI

Non sono stati considerati invece gli usi del suolo elencati in tabella 5. Le strade esistenti sono state sostituite, per i motivi già citati, con lo strato informativo della viabilità provinciale. L'area sciabile ha scarso significato in quanto include aree boscate o pascolive, anche molto estese, che definiscono i limiti di possibile espansione delle stazioni sciistiche, ma non costituiscono di per sé degli obiettivi da proteggere. Sono stati sostituiti dagli strati informativi degli impianti a fune e delle piste da sci, come precedentemente descritti.

| <i>Codice</i> | <i>Descrizione</i> |
|---------------|---|
| B04 | Area di trasformazione perequativa |
| B12 | Campi da golf |
| B19 | Area estrattiva e cave |
| B23 | Verde pubblico |
| B26 | Verde di rispetto culturale e naturale (livello Zonizzazione) |
| B27 | Area agricola di interesse primario |
| B29 | Area agricola di interesse secondario |
| B31 | Area a pascolo (PEFO-DEMANIO) |
| B33 | Area a bosco (PEFO) |
| B35 | Area improduttiva |
| B36 | Area di recupero ambientale |
| B37 | Biotopo |
| B39 | Acque (SIAT) |
| B42 | Area di rispetto stradale (livello Zonizzazione) |
| C01 | Strada esistente o da potenziare (livello Zonizzazione) |
| C02 | Strada di progetto (livello Zonizzazione) |
| C06 | Ferrovia di progetto (livello Zonizzazione) |
| C08 | Aeroporto di progetto (livello Zonizzazione) |
| C10 | Porto di progetto (livello Zonizzazione) |
| C12 | Area sciabile |

TABELLA 5 -USI DEL SUOLO NON CONSIDERATI TRA GLI OBIETTIVI SENSIBILI

L'elenco dettagliato degli usi del suolo considerati o non considerati nella definizione degli obiettivi sensibili, consente di evidenziare eventuali errori di classificazione al momento delle verifiche effettuate localmente dei confini del bosco di protezione.

Modello digitale del terreno

Per l'individuazione dei versanti incidenti è stato utilizzato il modello digitale del terreno derivato dal rilievo Lidar del 2006, normalizzato con celle raster di 2x2 metri.

L'elaborazione della carta

Una grossa parte del lavoro è stata quella di reperire degli strati informativi aggiornati sugli usi del suolo, cercando di utilizzare fonti che dessero una garanzia di manutenzione anche per il futuro da parte del Servizio competente per il dato, in vista di successivi aggiornamenti della carta dei boschi di protezione.

Per la definizione dei versanti incidenti, si è fatto uso dei metodi comunemente utilizzati per il calcolo dei bacini idrografici, che individuano delle direzioni di flusso univoche, comunemente chiamati D8 (*single flow direction method*), dirigono i flussi in uscita da una cella raster verso la cella vicina con il maggiore dislivello. Benché semplici ed efficaci questi metodi hanno dei seri inconvenienti per l'applicazione al fenomeno dei crolli rocciosi. Il più importante è che non tengono in considerazione la dispersione del flusso su aree divergenti. Il loro uso non è raccomandato, benché sia adeguato per delineare i limiti di bacino e definire le linee di impluvio. I metodi D8 possono essere considerevolmente migliorati distribuendo il flusso verso tutte le aree a valle in proporzione alla loro pendenza. Questo metodo è chiamato FD8 (*multiple flow direction method*), e consente la dispersione del flusso in aree divergenti (NJ McKenzie et al., 2008), e per la sua applicazione è stato utilizzato il comando *upslope* di Qgis 2.8.

Sempre per correggere gli inconvenienti dovuti all'impiego di algoritmi di natura idrologica sul calcolo delle aree convergenti sugli obiettivi, sono stati esclusi dal calcolo i pixel corrispondenti ad obiettivi sensibili ricadenti sulle aste fluviali principali. Questo perché l'area che converge idrologicamente nelle aste fluviali corrisponde normalmente ad interi bacini idrografici, sicuramente troppo ampi.

Nel caso di più sorgenti sovrapposte su un versante, non è detto che le aree di crollo siano continue dalle sorgenti più in alto fino agli obiettivi a valle. La morfologia del versante può fare in modo che l'area soggetta a crollo subisca delle interruzioni sul versante. Per evitare che nell'individuazione dei versanti incidenti sugli obiettivi vengano incluse le aree al di sopra di tali interruzioni, nel lancio del comando "*upslope*" sul modello digitale del terreno tali aree sono state poste come NO DATA.

Viene infine effettuata una ripulitura sul prodotto dell'elaborazione finale per eliminare quei poligoni a bosco isolati di ridotte dimensioni (sotto i 2000 m²) oppure per riempire nelle aree di protezione quei buchi di ridottissime dimensioni (100 m²) presenti all'interno dei poligoni.

Gli strati informativi risultanti

L'elaborazione produce diversi strati informativi intermedi e finali, che vengono di seguito descritti. Questi se letti in maniera integrata con la carta dei crolli e delle aree sorgenti di crollo, consentono di dare un quadro del fenomeno dei possibili crolli e della funzione protettiva del bosco contro la caduta massi a livello locale.

Obiettivi sensibili da proteggere

Il ruolo di protezione da caduta massi svolto dal bosco può passare da potenziale a effettivo in presenza di obiettivi sensibili inclusi nelle aree a pericolo di crollo. L'incrocio tra le classi di uso del suolo considerate sensibili e la carta dei crolli consente di produrre la "Carta degli Obiettivi Sensibili da Proteggere" [OSP.shp].

Versanti incidenti

Partendo dagli obiettivi sensibili vanno individuate tutte le aree poste sopra tali obiettivi che potrebbero convogliare un eventuale masso sul bersaglio obiettivo considerato. L'approssimazione che viene fatta, per poter utilizzare gli algoritmi di analisi disponibili, nati in ambito idrologico, è quella che assimila la traiettoria di caduta di un masso a quella di una goccia d'acqua. In realtà la dinamica dei massi è più complessa risentendo di fattori quali la forma, il rimbalzo, le dimensioni, l'inerzia, ecc. Per tener conto di questi problemi, per la definizione dei versanti incidenti sugli obiettivi, sono stati utilizzati algoritmi "espansi" (FD8), diversi da quelli comunemente utilizzati per il calcolo dei bacini idrografici (vedi riquadro). Un controllo di congruenza può essere effettuato a posteriori confrontando la Carta dei Versanti incidenti [VI.shp] risultante con le posizioni reciproche degli obiettivi sensibili e delle aree sorgente.

Boschi a Vocazione Protettiva da Massi

La Carta dei boschi a vocazione protettiva da massi (BVPM.shp) viene articolata in tre classi che definiscono ambiti con significati diversi.

Un primo ambito è quello che deriva direttamente dall'intersezione tra le aree a pericolo di crollo individuate dal Servizio geologico e le Aree a bosco definite dal Servizio Foreste e fauna. Si tratta di aree dove il bosco può svolgere una funzione di trattenuta o rallentamento dei massi, indipendentemente dalla presenza o meno di obiettivi sensibili (auto protezione). Si tratta di una vocazione protettiva "potenziale", **classe P**, nel senso che un aumento di infrastrutturazione o insediamenti residenziali a valle può comportare il passaggio della vocazione protettiva da potenziale a effettiva (diretta).

La vocazione protettiva diventa "effettiva" (etero protezione), quando il bosco protettivo si trova all'interno di un versante incidente su un obiettivo sensibile (**classe D**). Si tratta del vero e proprio bosco di protezione da massi diretta su obiettivi.

Nel caso infine in cui il tratto di bosco protettivo sia inferiore ai 150 metri orizzontali di distanza tra l'obiettivo sensibile e la sorgente di crollo, il bosco a vocazione protettiva effettiva viene declassificato a residuale (**classe R**), in quanto non in grado di garantire da solo una significativa riduzione di pericolo.

Va precisato che la carta del bosco di protezione da massi assume che il bosco posto tra un obiettivo sensibile e una sorgente di crollo abbia una funzione protettiva, senza però quantificare l'entità di tale funzione, che può essere legata sia alla lunghezza del versante boscato, che alla qualità dei soprassuoli. È possibile considerare anche il ruolo svolto dalla componente forestale, introducendo nel modello Rockyfor3D impiegato per la definizione delle traiettorie di crollo anche gli elementi descrittivi del bosco, sia attraverso la posizione delle singole piante derivata da elaborazioni Lidar, sia attraverso i valori medi dei popolamenti presenti sul versante.

Estensione e caratteristiche dei boschi protettivi

Sulla provincia i boschi situati in aree a pericolosità di crollo elevata o media costituiscono circa il 50% delle aree boscate. Circa il 12,9% del bosco riveste per la sua localizzazione a monte di obiettivi sensibili un ruolo protettivo (Tabella 6). L'efficacia di tale ruolo dipende anche, come abbiamo ricordato all'inizio, dalle caratteristiche strutturali e compositive del bosco, che in alcuni casi possono essere migliorate in relazione alla funzione svolta, attraverso trattamenti adeguati.

| <i>Classe protettiva</i> | <i>Superficie in ettari</i> | <i>% su boschi a vocazione protettiva</i> | <i>% su area boscata</i> | <i>% su area territoriale</i> |
|---|-----------------------------|---|--------------------------|-------------------------------|
| D=Diretta | 50.804 | 25,72% | 12,96% | 8,18% |
| P=Potenziale | 145.772 | 79,79% | 37,17% | 23,48% |
| R=Residuale | 979 | 0,5% | 0,25 | 0,16 |
| Superficie boscata a vocazione protettiva da massi | 197.555 | 100,00% | 50,38% | 31,82% |
| Superficie boscata priva di vocazione protettiva da massi | | | 49,62% | |
| Superficie boscata | 392.147 | | 100,00% | 63,15% |
| Superficie non boscata | 228.797 | | | 36,85% |
| Superficie territoriale provinciale | 620.944 | | | 100,00% |

TABELLA 6 - ESTENSIONE DEI BOSCHI DI PROTEZIONE DIRETTA DA MASSI IN PROVINCIA DI TRENTO

Uso e limiti della carta

La lettura integrata dei vari strati informativi che fanno parte della carta del bosco a vocazione protettiva da massi consentono una prima lettura del fenomeno dei crolli e della funzione potenzialmente o effettivamente svolta dal bosco.

In particolare è possibile identificare:

- Quali sono le aree di distacco potenziale dei massi (aree sorgenti di crollo);
- Quali sono i boschi situati in aree potenzialmente interessate da crolli, con pericolosità

- media o elevata (boschi di protezione potenziale, diretta o residuale);
- Dove si trovano gli obiettivi sensibili posti all'interno delle aree a pericolosità di crollo media o elevata;
- Quali boschi si frappongono tra le aree di distacco e gli obiettivi sensibili (boschi di protezione diretta o residuale).

La carta, redatta per l'intera provincia, assume per corretti gli strati informativi considerati nel modello, sia quelli definiti per la descrizione del fenomeno dei crolli, che quelli definiti per gli usi del suolo da proteggere e l'area boscata. Essa non tiene conto invece delle caratteristiche strutturali e compositive dei boschi, in quanto non disponibili delle informazioni di dettaglio e di qualità sufficienti per tutta la provincia.

Verifiche e approfondimenti locali possono condurre a variazioni degli strati informativi di input del modello, dovute a errori di classificazione o approfondimenti specifici, che comportano la modifica e correzione della carta del bosco di protezione da massi.

Più in dettaglio le necessità di correzione dovute ad approfondimenti locali o a correzione dei parametri di input, possono essere le seguenti:

- 1 Una verifica geologica esclude un'area inizialmente individuata come potenziale sorgente di crollo

Vengono meno le aree di crollo sottostanti, e quindi il bosco perde la qualifica di bosco di protezione potenziale e di protezione diretta

- 2 Una perizia geologica definisca dei parametri del modello di crollo (dimensioni e forma dei massi, tipo di suolo, peso specifico delle rocce, ecc.) diversi da quelli medi utilizzati nella definizione delle aree di crollo. La simulazione di crollo porta quindi ad una diversa estensione delle aree a pericolosità elevata e media, e queste non interessano più obiettivi sensibili posti a valle

Il bosco di protezione viene declassificato da protezione diretta a protezione potenziale

- 3 Nel caso di versanti a pericolosità di crollo dovuti a fasce rocciose sovrapposte, ma interrotte da terrazzi o aree a morfologia più dolce, una simulazione di crollo effettuata sulle sole aree sorgente superiori evidenzia che l'area di pericolo ad esse legata non raggiunge gli obiettivi posti più a valle.

La simulazione consente una riduzione del versante incidente a monte degli obiettivi sensibili, e porta a declassificare da protezione diretta a protezione potenziale i boschi posti nella porzione superiore del versante.

- 4 Una verifica in loco rileva un'errata classificazione degli obiettivi sensibili che hanno comportato la classificazione a bosco di protezione diretta (ad esempio un edificio civile risulta essere una tettoia, o una strada principale risulti essere dismessa)

Il bosco di protezione viene declassificato da protezione diretta a protezione potenziale

- 5 Una verifica in loco evidenzia una morfologia che esclude parzialmente il versante incidente sull'obiettivo sensibile

Il bosco di protezione diretta viene parzialmente declassificato a bosco di protezione potenziale

- 6 Una verifica in loco evidenzia una distanza eccessivamente ridotta tra l'area sorgente di crollo e l'obiettivo sensibile (grossomodo inferiore a 150 metri in proiezione orizzontale), non sufficiente a svolgere un'azione protettiva minimamente efficace.

Il tratto boscato interposto può essere declassificato da bosco di protezione diretta a bosco di protezione residuale.

- 7 Una verifica in loco evidenzia che le caratteristiche strutturali del suolo sono inadeguate a sostenere soprassuoli boscati di densità sufficiente a svolgere un'azione protettiva qualsiasi anche a medio-lungo termine.

Il bosco di protezione diretta può essere declassificato a protezione residuale.

In conclusione, come qualsiasi altro modello che analizza ed interpreta dati territoriali, la carta del bosco di protezione diretta richiede dati in ingresso coerenti che rappresentino la realtà sul terreno con un grado di accuratezza confrontabile con la scala di analisi adattata all'obiettivo dello studio. Tipicamente i livelli di approfondimento possono essere tre

1. studio del pericolo a scala regionale
2. studio del pericolo a scala comunale (es. PZP, Piani delle Zone del Pericolo);
3. studio dettagliato del pericolo per un singolo versante (es. studi di compatibilità).

Il grado di dettaglio informativo alla base dell'individuazione del bosco di protezione diretta realizzato con questo lavoro può essere considerato a metà strada tra il livello di accuratezza necessario per uno studio a livello regionale e uno studio a livello comunale. E' possibile scendere a livelli di dettaglio ancora maggiori, relativi al singolo versante, ma ciò comporta verifiche e approfondimenti che non possono essere effettuati a scala provinciale, per una questione di disponibilità di dati di dettaglio e di costi di realizzazione. Per questo motivo, in assenza di meccanismi normativi o procedurali che rendano possibili correzioni locali, è sconsigliabile porre dei vincoli assoluti sulla base di tale elaborato, che può fornire un'ottima base di partenza per l'interpretazione della capacità protettiva del bosco, o per giustificare linee di sostegno finanziario particolari, ma che, per determinati usi, deve poter essere oggetto di interpretazione tecnica, approfondimenti e verifiche in loco.

Bibliografia

Sonnier, J. 1991. *Analyse du rôle de protection des forêts domaniales de montagne*. Rev. For.Franç. 43:131-145.

Brang P., 2001 - *Resistance and elasticity: promising concepts for the management of protection forests in the European Alps*. Forest Ecology and Management 145 (2001) 107-119

Brauner M., Weinmeister W., Agner P., Vospernik S., Hoesle B., 2005 - *Forest management decision support for evaluating forest protection effects against rockfall*. Forest Ecology and Management 207 (2005) 75–85

Dorren L.K.A., Berger F., Le Hir C., Mermin E., Tardif P., 2005. *Mechanisms, effects and management implications of rockfall in forests*. Forest Ecology and Management 215 (2005) 183–195.

Dorren L.K.A., Berger F., 2006 - *Resistance of Trees against Dynamic Impacts Due to Mass Movements* in "INTERPRAEVENT 2006: disaster mitigation of debris flows, slope failures and landslides: proceedings of the INTERPRAEVENT international symposium, September 25-27, 2006, Niigata, Japan" : Universal Academy Press, Inc. Frontiers science series.

Dorren L.K.A. et al., 2007 - *State of the art in rockfall – forest interaction*. Schweiz Z Forstwes 158 (2007) 6: 128–141

Dorren L.K.A., Simoni S., 2014. *Rockyfor3D (V5.1) rivelato – Descrizione trasparente del modello 3D di caduta massi*. ecorisQ Paper (www.ecorisq.org): 27 p.

Jancke O. et al., 2009. *Implications of coppice stand characteristics on the rockfall protection function*. Forest Ecology and Management 259 (2009) 1:124-131

Regione Autonoma Valle d'Aosta - Regione Piemonte, 2006 – *Selvicoltura nelle foreste di protezione. Esperienze e indirizzi gestionali in Piemonte e in Valle d'Aosta*. Compagnia delle Foreste, Arezzo, pp. 224

Ufficio Federale dell'Ambiente, delle Foreste e del Paesaggio, 1996. *Cure minime per i boschi con funzione protettiva*. Berna.