

AperTO - Archivio Istituzionale Open Access dell'Università di Torino

Conseguenze dei disturbi naturali sulle foreste di protezione. Un caso studio sulla copertura residua in Valle d'Aosta

This is the author's manuscript

Original Citation:

Availability:

This version is available <http://hdl.handle.net/2318/1614160> since 2016-12-16T15:17:49Z

Terms of use:

Open Access

Anyone can freely access the full text of works made available as "Open Access". Works made available under a Creative Commons license can be used according to the terms and conditions of said license. Use of all other works requires consent of the right holder (author or publisher) if not exempted from copyright protection by the applicable law.

(Article begins on next page)



Conseguenze dei disturbi naturali sulle foreste di protezione

Un caso studio sulla copertura residua in Valle d'Aosta

di GIORGIO VACCHIANO, ROBERTA BERRETTI, ENRICO BORGOGNO MONDINO, FABIO MELONI, RENZO MOTTA

L'articolo propone una metodologia per valutare le conseguenze dei disturbi naturali sulla copertura residua delle foreste di protezione diretta al fine di pianificare gli interventi di ricostituzione post-disturbo, basata su immagini multispettrali e archivi storici su quattro tipologie di disturbi naturali.

L'identificazione e la gestione delle foreste di protezione diretta (FPD) è prevista nelle norme nazionali o regionali di diversi Stati europei (Austria, Francia, Germania, Italia e Svizzera) (BRANG *et al.* 2006). La funzionalità delle FPD dipende sia dalla loro collocazione topografica, sia da elementi strutturali capaci di massimizzarne l'efficacia protettiva (densità, composizione, distribuzione diametrica, copertura delle chiome) (BERRETTI *et al.* 2006, DORREN *et al.* 2015).

Come tutti gli altri ecosistemi, anche le FPD sono soggette all'azione di disturbi naturali che possono alterarne o distruggerne la struttura pregiudicandone temporaneamente la funzionalità (WHITE e PICKETT 1985). Tali disturbi

stanno aumentando in frequenza e magnitudo nelle regioni alpine (SEIDL *et al.* 2014). La velocità e il tipo di risposta dell'ecosistema forestale al disturbo dipendono, da un lato, dalla resistenza e resilienza del popolamento e, dall'altro, dalle caratteristiche del regime di disturbo (tipo, frequenza, tempo di ritorno, intensità, estensione) a cui sono esposti (HOLLING 1973, TURNER *et al.* 1993).

Obiettivo di questo lavoro è **valutare gli effetti dei disturbi naturali biotici ed abiotici sul ruolo protettivo delle foreste di una regione alpina e i fattori che determinano la loro ricostituzione, attraverso l'analisi della copertura forestale residua.**

Sono state a tal fine integrate informazioni relative alla collocazione delle FPD, ai perime-

tri delle aree interessate da differenti disturbi negli ultimi 50 anni, e alla copertura del suolo rilevata da sensori satellitari in una realtà prettamente alpina.

MATERIALI E METODI

L'indagine ha interessato l'area forestale della Regione Autonoma Valle d'Aosta, una superficie di 98.439 ha (INFC 2007), pari a circa un terzo del territorio regionale. Le foreste valdostane sono composte da conifere miste (32%), larice (24%), latifoglie miste (14%), conifere e latifoglie (11%), pino silvestre (6%), abeti (5%), castagno (3%) e roverella (2%) (CAMERANO *et al.* 2007). Le FPD occupano il 42,7% della copertura forestale totale (MELONI *et al.* 2006) e sono rappresentate in massima

parte da lariceti (48% di tutte le FDP), seguiti da pinete di pino silvestre (15%) e peccete (15%). Per quanto riguarda il regime dei disturbi naturali, sono stati raccolti e digitalizzati i perimetri collezionati dai servizi regionali relativamente ai seguenti eventi:

- **incendi** dal 1961 al 2010;
- **danni da vento/neve** dal 1990 al 2010;
- **valanghe** dal 1970 al 2010 (ma comprendenti anche i dati disponibili su valanghe storiche dal 1800 in poi);
- **pullulazioni dei lepidotteri defogliatori** *Lymantria monacha* (dal 1984 al 1990) e *Zeiraphera griseana* (dal 1994 al 2006), le cui larve, che nascono a fine primavera (maggio-giugno), si nutrono delle foglie delle piante ospiti (principalmente larice ed abete rosso) sino a causarne, in casi estremi, la completa defogliazione.

Per identificare la copertura forestale residua nei perimetri delle aree disturbate è stata utilizzata un'immagine multispettrale LANDSAT TM-5 (immagine del 20 Settembre 2011) con risoluzione di 30 m. L'immagine è stata sottoposta a correzione radiometrica e topografica, e utilizzata per classificare la copertura del suolo in 3 classi (foresta, copertura erbacea e suolo nudo) con un algoritmo di massima verosimiglianza applicato alle 6 bande spettrali e a 5 indici di vegetazione da esse derivati (Forest Disturbance Index, Normalized Difference Vegetation Index, Normalized Burn Ratio, Normalized Difference Infrared Index, Moisture Stress Index). Infine, è stato creato un modello regressivo basato su:

- quota, esposizione, pendenza;
- anni intercorsi dal disturbo (anno di riferimento 2011);
- precipitazioni medie dal 1950 al 2000 (HUMANS *et al.* 2005);
- siccità nelle stagioni vegetative post disturbo (SPEI: VICENTE-SERRANO *et al.* 2010);
- distanza minima dal perimetro del poligono.

Ciò ha permesso di modellizzare la probabilità che ciascun *pixel* (30x30 m) relativo alle FDP sottoposte a disturbo fosse o meno funzionale (1= copertura forestale ; 0= assenza di copertura forestale) nell'anno di riferimento 2011.

RISULTATI

La raccolta di tutti gli eventi di disturbo ha consentito la creazione di un *database* che include:

- 1.765 incendi (1.195 dei quali inferiori a 0,5 ha);
- 52 eventi di schianti da vento/neve;
- 2.538 valanghe;
- 7 focolai di *L. monacha*;
- 56 focolai singoli⁽¹⁾ di *Z. griseana*.

Relativamente alle superfici interessate (Tabella 1), **le valanghe sono il disturbo più importante** (52.975 ha). Seguono gli attacchi di insetti (16.813 ha), gli incendi (7.470 ha) ed infine i danni da vento/neve (1.093 ha). Le superfici medie percorse su base annuale risultano essere 840 ha per gli insetti, 150 ha per gli incendi e 55 ha per gli schianti; sebbene le valanghe non siano associate a un preciso dato temporale, il fatto che normalmente esse abbiano una ripercorrenza compresa tra uno e pochi anni fa pensare che esse dominino il regime di disturbo anche su base media annua. La variabilità dei disturbi in foresta è molto elevata negli anni osservati, con anni definibili eccezionali per tutti i disturbi. Ad esempio, l'incendio di maggior proporzioni ha interessato circa 400 ha di superficie mentre la valanga più estesa ha coinvolto 1.650 ha di versante. Per quanto riguarda la frequenza dei disturbi, **gli attacchi di *Zeiraphera* rappresentano quello che si ripete maggiormente** in ambito regionale; il 21% delle foreste viene infatti

¹⁾ Per "focolai singoli" si intendono singoli perimetri delle aree interessate dal disturbo, mentre per "focolai" si intendono più poligoni aggregati per annata.

interessato da focolai di *Zeiraphera* ripetuti nel tempo. Le superfici interessate da più di un disturbo nell'arco del periodo di osservazione sono 1.083 ha per gli incendi boschivi, 51 ha per gli schianti da neve/vento, 1989 ha per gli attacchi di *Zeirapherae* e 136 ha per quelli di *Lymantria* 136 ha. Il 13% delle aree interessate da danni da vento/neve sono state successivamente interessate da attacchi di *Zeiraphera* o *Lymantria*. In tutto, **il 28% delle FDP è stato interessato da disturbi almeno una volta durante il periodo di osservazione** (sebbene questo tasso sia calcolato su periodi di osservazione non omogenei per i diversi disturbi e possa quindi aumentare nel caso che si rendano disponibili più osservazioni). In base alle osservazioni disponibili, le FDP sono interessate principalmente da danni da valanga (8% del totale delle FDP); l'incidenza di questi danni è maggiore alle quote superiori (limite degli alberi) ma senza manifestare una chiara dipendenza da esposizione o pendenza. Secondo per importanza è il disturbo da insetti (7% *Zeiraphera*, 5% *Lymantria*), che ha manifestato maggior incidenza intorno alla quota media di 1.800 m s.l.m. circa, e con presenza

Agente disturbo	Anni dataset	Area totale interessata (ha)	Minimo (ha)	Massimo (ha)	Media (ha)	Deviazione standard	Media annuale
Fuoco	1961-2010	7.470	0,01	398,7	4,2	23,97	146,9
Neve/vento	1990-2010	1.093	0,01	147,2	21	36,1	54,7
Valanghe	1970-2010	52.975	0,006	1.653	20,7	52,3	a
Insetti	1984-1990 e 1994-2006	16.813	b	b	b	b	840,7

a: dato temporale non disponibile

b: dati delle pullulazioni sommati per annualità e non sempre corrispondenti ad un singolo evento di disturbo.

Tabella 1 - Superfici interessate dai vari disturbi, con media annuale.





et al. 2004), e per analogia di ipotizzare tempi di ritorno per i gli incendi più vasti di circa 100 anni (MOSER et al. 2010). La frammentazione del territorio in termini di uso del suolo indotta dalle attività antropiche ha un ruolo fondamentale nel prevenire la diffusione degli incendi su ampie aree, a cui si somma l'importanza della pianificazione e degli interventi attuati per la soppressione o il contenimento del disturbo (ZUMBRUNNEN et al. 2012). È anche vero però che, nei prossimi decenni, l'effetto combinato dell'accumulo di combustibile forestale in seguito all'incremento della sua continuità spaziale dovuto all'abbandono gestionale delle aree boscate ma anche agricole e silvo-pastorali a cui si associa dell'innalzamento del pericolo dovuto al riscaldamento climatico, potrà essere causa di incendi forestali più intensi ed estesi (VALESE et al. 2014).

Tutti i disturbi evidenziano una distribuzione spaziale conforme alle caratteristiche stagionali (incendi in siti aridi, neve/vento in siti umidi), alla tipologia di bosco (strutture più o meno stratificate, lettiere più o meno infiammabili) ed alla localizzazione geografica (viabilità e centri urbani).

Per tutti i disturbi, la probabilità di ricostituzione della copertura forestale è fortemente dipendente dal tempo intercorso dal disturbo stesso, dalla distanza del sito dal perimetro dell'area disturbata (cioè dalle piante portaseme, soprattutto in boschi di conifere), dalla quota, dalla topografia e dal clima (siti umidi o a basse quote mostrano dinamiche più rapide di ricostituzione della copertura e/o severità di disturbo inferiori).

Gli effetti del disturbo sulla funzione di protezione diretta sono severi soprattutto in seguito a incendio (il 42% delle FPD disturbate è risultato non boscato all'anno 2011) e valanga (21%). Questo dato rispecchia la difficoltà della ricostituzione post-disturbo nel caso di eventi distruttivi (*stand-replacing*) e può essere esacerbato da altri effetti indotti nell'ecosistema tali da ritardare l'insediamento della rinnovazione, come la rimozione del suolo per erosione o la sua sterilizzazione, l'incremento dell'evapotraspirazione, o l'eccessiva distanza dalle piante portaseme (LCE et al. 2004, CERTINI 2005, VACCHIANO et al. 2014). I danni da neve/vento e da insetti sono invece meno severi e lasciano una ridotta percentuale di FPD con copertura forestale insufficiente.

I dati elaborati a scala regionale suggeriscono che il disturbo da vento/neve non ha la potenzialità di incrementare in modo significativo le aree soggette ad incendio. Infatti, l'incremento di carico del combustibile legnoso indotto da

pressoché esclusiva della *Lymantria* nelle esposizioni nord (mentre la *Zeiraphera* si localizza a quote più elevate e su versanti più acclivi). Infine, le FPD sono più soggette ad incendi (7% complessivamente) alle basse quote, su terreni acclivi, in esposizione sud, mentre i danni da vento/neve (1% complessivamente) sono più frequenti alle quote medio-elevate, esposizioni nord e pendenze ridotte.

Riguardo alla ricostituzione della copertura forestale, si evidenziano differenze significative nella copertura del suolo rilevata nel 2011 all'interno delle FPD (suolo nudo, copertura erbacea, copertura forestale) in funzione dell'ultimo agente di disturbo che ha agito in ordine di tempo. **Le aree incendiate sono associate al tasso maggiore di copertura ancora non boscata (42%),** seguite dalle aree percorse da valanghe (21%), *Zeiraphera* (20%), *Lymantria* (6%), neve e vento (4%). Tutti i disturbi, ed eccezione degli incendi, presentano una incidenza maggiore nelle FPD di conifera rispetto a quelle di latifolia. Nelle foreste di conifere, la distanza dai margini della zona di disturbo è risultata essere correlata negativamente alla probabilità di trovare FPD funzionali, cioè con sufficiente copertura a bosco (diminuendo di 1-37% per ogni 100 m di distanza, a seconda dell'agente di disturbo). Tale probabilità è risultata anche dipendente dal tempo intercorso dal disturbo (aumentando dello 0,1-1% per anno).

La ricostituzione boschiva post disturbo, indipendentemente dalla natura di questo, ha avuto maggior successo alle quote inferiori e nelle esposizioni nord. In seguito a incendio, in particolare, la probabilità di trovare FPD funzionali si riduce del 2-4% per ogni

incremento di quota di 100 m. Le precipitazioni medie estive hanno avuto un'influenza rilevante e positiva dopo il verificarsi di incendi di chioma in conifera, incendi radenti nei boschi di latifoglie e attacchi di *Lymantria*. La siccità post-disturbo ha avuto infine effetti negativi sulla ricostituzione boschiva in seguito ad incendi in boschi di conifera, mentre sembra avere avuto effetti positivi nelle situazioni post disturbo da vento/neve ed attacchi di *Lymantria*.

DISCUSSIONE

Utilizzando i dati e i periodi di osservazione disponibili, negli ultimi decenni **le valanghe e gli insetti sembrano aver dominato il regime dei disturbi nelle FPD della Valle d'Aosta** mentre più limitate sono state le superfici interessate da fuoco e neve/vento. Il dato relativo alle valanghe non era esplicitamente abbinato all'anno di accadimento, ma l'elevata fedeltà territoriale di questo disturbo fa pensare che la superficie disturbata annualmente rimanga molto elevata (sebbene concentrata sempre nelle stesse zone). Il dato relativo agli insetti può essere soggetto ad un errore di sovrastima, poiché il rilievo del perimetro del disturbo poteva includere aree limitrofe interessate dall'attacco l'anno precedente. Nonostante questo, si evidenzia nella regione l'importante ruolo degli insetti defogliatori, che modificano la copertura forestale in funzione della durata del focolaio e della sua severità. Per quanto riguarda gli incendi, la distribuzione delle dimensioni percorse e i suoi valori estremi (es. un evento di 400 ha nell'anno 2005) consente di comparare l'andamento di questo disturbo con quelli registrati in simili regioni alpine interne (GIMMI

questi disturbi è probabilmente insufficiente ad innalzare in modo significativo il pericolo, soprattutto se non dà origine a combustibile di piccole dimensioni (CANNON *et al.* 2014). Inoltre, l'apertura di buche naturali nel piano delle chiome induce una riduzione nell'accumulo di lettiera al suolo e di combustibile fine, e interrompe la continuità del combustibile nel caso di un eventuale successivo incendio (O'BRIEN *et al.* 2008). **È invece risultata significativa l'interazione tra i disturbi da vento/neve e il danno da insetti** a causa dell'aumento di disponibilità di legno da schianti fresco e colonizzabile da parassiti secondari, oltre al fatto che i due disturbi considerati avvengono preferenzialmente in strutture e siti simili, ad esempio i popolamenti monospecifici e densi di abete rosso.

Occorre infine sottolineare che mentre le FPD soggette a pericolo valanghe proteggono principalmente la viabilità, quelle soggette a incendio proteggono principalmente abitati e città. L'elevata vulnerabilità o il maggior valore del bene protetto incrementano quindi il rischio prodotto dal disturbo, anche se l'effetto di questo è limitato rispetto all'estensione complessiva di tutta la copertura forestale.

CONCLUSIONI

Il lavoro ha fornito una panoramica complessiva relativa alla storia recente dei diversi regimi di disturbo e la loro interazione nelle foreste della Valle d'Aosta. L'approfondimento sulle foreste con ruolo di protezione diretta ha consentito di valutare l'incidenza dei disturbi su questa funzione del bosco e sulle dinamiche di ricostituzione nel tempo. La metodologia proposta, basata su dati di *remote-sensing*, può essere replicata su altri territori a partire da dati *open-access* e immagini LANDSAT pubbliche, su diverse scale spaziali (es. piani di gestione aziendali) e temporali (es. immediatamente dopo un disturbo). **Il metodo proposto può fornire ai tecnici impegnati nella pianificazione uno strumento per definire le priorità di intervento nell'ambito delle FPD**, identificando dove gli interventi di ricostituzione forestali siano maggiormente urgenti ai fini del ruolo protettivo. Il lavoro evidenzia, ad esempio, come la ricostituzione sia più critica nei siti a maggior aridità, in quelli con maggior distanza da piante portaseme e alle quote elevate. Tale strumento può veder incrementare le sue potenzialità in uno scenario di cambiamento climatico nel quale è previsto, per le aree montane europee, un incremento dei disturbi sia in frequenza che in intensità.

Bibliografia

- BERRETTI R., CAFFO L., CAMERANO P., DE FERRARI F., DOMAINE A., DOTTA A., GOTTERO F., HAUEMANN J.C., LETEY C., MELONI F., MOTTA R., TERZUOLO P.G., 2006 - **Selvicoltura nelle foreste di protezione. Esperienze e indirizzi gestionali in Piemonte e Valle d'Aosta.** Arezzo, Italy: Compagnia delle Foreste.
- BRANG P., SCHÖNENBERGER W., FREHNER M., SCHWITTER R., THORMANN J.J., WASSER B., 2006 - **Management of protection forests in the European Alps: An overview.** Forest Snow and Landscape Research 80(1):23-44.
- CAMERANO P., TERZUOLO P.G., VARESE P., 2007 - **I tipi forestali della Valle d'Aosta.** Compagnia delle foreste, Arezzo, pp.240.
- CANNON J.B., O'BRIEN J.J., LOUDERMILK E.L., DICKINSON M.B., PETERSON C.J., 2014 - **The influence of experimental wind disturbance on forest fuels and fire characteristics.** Forest Ecology and Management 330:294-303.
- CERTINI G., 2005 - **Effects of fire on properties of forest soils: A review.** Oecologia 143(1):1-10.
- DORREN L.K., BERGER F., FREHNER M., HUBER M., KÜHNE K., MÉTRAL R., WASSER B., 2015 - **Das neue NaïS: Anforderungsprofil Steinschlag.** Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 166(1):16-23.
- GIMMI U., BÜRGI M., WOHLGEMUTH T., 2004 - **Wie oft brannte der Walliser Wald im 20. Jahrhundert?** Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 155(10): 437-440.
- HUMANS R.J., CAMERON S.E., PARRA J.L., JONES P.G., JARVIS A., 2005 - **Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas.** International Journal of Climatology 25(15):1965-1978.
- HOLLING C.S., 1973 - **Resilience and stability of ecological systems.** Annual Review of Ecology and Systematics 4:1-23.
- ICE G.G., NEARY D.G., ADAMS P.W., 2004 - **Effects of wildfire on soils and watershed processes.** Journal of Forestry 102(6):16-20.
- MELONI F., LINGUA E., MOTTA R., 2006 - **Analisi della funzione protettiva delle foreste: L'esempio della "Carta delle foreste di protezione diretta della Valle d'Aosta."** Forest@ 3(3):420-425.
- MOSER B., TEMPERLI C., SCHNEITER G., WOHLGEMUTH T., 2010 - **Potential shift in tree species composition after interaction of fire and drought in the Central Alps.** European Journal of Forest Research 129(4):625-633.
- O'BRIEN J.J., HIERS J.K., CALLAHAN M.A., MITCHELL R.J., JACK S.B., 2008 - **Interactions among overstory structure, seedling life-history traits, and fire in frequently burned neotropical pine forests.** Ambio 37:542-547.
- SEIDL R., SCHELHAAS M.J., RAMMER W., VERKERK P.J., 2014 - **Increasing forest disturbances in Europe and their impact on carbon storage.** Nature Climate Change 4(9):806-810.
- TURNER M.G., ROMME W.H., GARDNER R.H., O'NEILL R.V., KRATZ T.K., 1993 - **A revised concept of landscape equilibrium: Disturbance and stability on scaled landscapes.** Landscape Ecology 8(3):213-227.

VACCHIANO G., STANCHI S., MARINARI G., ASCOLI D., ZANINI E., MOTTA R., 2014 - **Fire severity, residuals and soil legacies affect regeneration of Scots pine in the Southern Alps.** Science of the Total Environment 472:778-788.

VALESE E., CONEDERA M., HELD A.C., ASCOLI D., 2014 - **Fire, humans and landscape in the European Alpine region during the Holocene.** Anthropocene 6:63-74.

VICENTE-SERRANO S.M., BEGUERIA S., LÓPEZ-MORENO J.I., 2010 - **A multiscale drought index sensitive to global warming: The standardized precipitation evapotranspiration index.** Journal of Climate 23(7):1696-1718.

WHITE P.S., PICKETT S.T.A., 1985 - **Natural disturbance and patch dynamics: An introduction.** In: Pickett STA, White PS, editors. The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics. New York, NY: Academic Press, pp 3-13.

ZUMBRUNNEN T., MENÉNDEZ P., BUGMANN H., CONEDERA M., GIMMI U., BÜRGI M., 2012 - **Human impacts on fire occurrence: A case study of hundred years of forest fires in a dry alpine valley in Switzerland.** Regional Environmental Change 12(4):935-949.

INFO. ARTICOLO

Autori: Giorgio Vacchiano, Università degli Studi di Torino - DISAFA. E-mail: gvacchiano@gmail.com

Roberta Berretti, Università degli Studi di Torino - DISAFA. E-mail: roberta.berretti@unito.it

Enrico Borgogno Mondino, Università degli Studi di Torino - DISAFA. E-mail: enrico.borgogno@unito.it

Fabio Meloni, Università degli Studi di Torino - DISAFA. E-mail: fabio.meloni@unito.it

Renzo Motta, Università degli Studi di Torino - DISAFA. E-mail: renzo.motta@unito.it

Parole chiave: Disturbi naturali, servizi ecosistemici, incendi boschivi, LANDSAT, Lymantria monacha, rischi naturali, foreste di protezione diretta, ricostituzione boschiva, Zeiraphera griseana, Valle d'Aosta.

Abstract: Forests provide direct protection to human settlements from hydrogeomorphic hazards. This paper proposes a method for assessing the effect of natural disturbances on the functionality of direct protection forests (DPFs) in order to prioritize management interventions. We georeferenced disturbance data for wildfires, wind and snow damage, avalanches, and insects and overlaid them to a region-wide DPF map. Within each disturbance polygon, we used a LANDSAT-5 TM image to identify DPFs with insufficient vegetation cover, by using a maximum likelihood classifier of 6 spectral bands plus 5 vegetation indices. For each disturbance agent, we fitted a generalized linear model of the probability of finding a forested pixel, as a function of topography, time since disturbance, distance from disturbance edge, summer precipitation, and drought in the disturbance year.

Keywords: Natural disturbance, ecosystem services, wildfire, LANDSAT, Lymantria monacha, natural hazards, protection forests, restoration, Zeiraphera griseana, Valle d'Aosta.