

Foreste di **protezione** diretta

Disturbi naturali e stabilità nelle Alpi occidentali



Foreste di protezione diretta

Disturbi naturali e stabilità nelle Alpi occidentali

AUTORI

Roberta Berretti - Dipartimento Agro.Selvi.Ter. (Università degli Studi di Torino)
Alessandra Bottero - Dipartimento Agro.Selvi.Ter. (Università degli Studi di Torino)
Enrico Bruno - Dipartimento Di.Va.P.R.A. (Università degli Studi di Torino)
Giuseppe Della Beffa - Istituto per le Piante da Legno e l'Ambiente S.p.A. (Torino)
Michele Freppaz - Dipartimento Di.Va.P.R.A. (Università degli Studi di Torino)
Luana Giordano - Dipartimento Di.Va.P.R.A. (Università degli Studi di Torino)
Paolo Gonthier - Dipartimento Di.Va.P.R.A. (Università degli Studi di Torino)
Franco Gottero - Istituto per le Piante da Legno e l'Ambiente S.p.A. (Torino)
Andrea Mosca - Istituto per le Piante da Legno e l'Ambiente S.p.A. (Torino)
Renzo Motta - Dipartimento Agro.Selvi.Ter. (Università degli Studi di Torino)
Giovanni Nicolotti - Dipartimento Di.Va.P.R.A. (Università degli Studi di Torino)
Giorgio Vacchiano - Dipartimento Agro.Selvi.Ter. (Università degli Studi di Torino)
Davide Viglietti - Dipartimento Di.Va.P.R.A. (Università degli Studi di Torino)
Beat Wermelinger - Research Unit Forest Dynamics (Swiss Federal Research Institute for Forest, Snow and Landscape Research WSL)

COORDINATORI SCIENTIFICI

Paolo Gonthier, Renzo Motta, Giovanni Nicolotti

DIRIGENTI RESPONSABILI

Cristoforo Cugnod - Direzione foreste e infrastrutture - Regione Autonoma Valle d'Aosta
Franco Licini - Direzione Economia Montana e Foreste - Regione Piemonte

EDITORE



Compagnia delle Foreste S.r.l.

via P. Aretino, 8 - 52100 Arezzo • Tel. 0575.370846 - www.compagniadelleforeste.it

PROGETTO EDITORIALE

Paolo Mori

COORDINAMENTO EDITORIALE E REVISIONE CRITICA DEI TESTI

Jean-Claude Haudemand, Augusto Domaine, Corrado Letey, (Direzione foreste e infrastrutture - Regione Autonoma Valle d'Aosta)
Giancarlo Cesti (Nucleo antincendi boschivi, Corpo Forestale della Valle d'Aosta - Regione Autonoma Valle d'Aosta)
Franca De Ferrari (Settore Politiche Forestali - Regione Piemonte)
Lucia Caffo, Alberto Dotta (Consorzio Forestale Alta Valle Susa, Oulx)
Silvia Bruschini (Compagnia delle Foreste)

IMPAGINAZIONE, ILLUSTRAZIONI, RITOCOCCO FOTOGRAFICO

Maria Cristina Viana (Compagnia delle Foreste)

FOTOGRAFIE

Martino Albera, Davide Ascoli, Giuseppe Della Beffa, Rachele Beghin, Roberta Berretti, Wanda Chapellu, Paulo Fernandes, Luana Giordano, Paolo Gonthier, Raffaella Marzano, Andrea Mosca, Renzo Motta, Giovanni Nicolotti, Carsten Niehaus, Luigi Torreggiani, Giorgio Vacchiano. Archivio della Direzione foreste e infrastrutture - Regione Autonoma Valle d'Aosta



istituto per
le piante da legno
e l'ambiente ipa spa



GLI AUTORI DESIDERANO RINGRAZIARE

Martino Albera, Marco Allocco, Davide Ascoli, Rachele Beghin, Andrea Bionaz, Luca Boccardo, Giovanni Bovio, Antoine Brulport, Daniele Castagneri, Consorzio Forestale Alta Valle Susa, Corpo Forestale della Valle d'Aosta, Mauro Dayné, Francesco Ferrara, Gianluca Filippa, Matteo Garbarino, Emanuele Lingua, Guglielmo Lione, Pietro Lombardo, James Long, Luciano Martarello, Nerino Martinod, Raffaella Marzano, Fabio Meloni, Elisa Menso, Mario Negro, Parco Naturale Alpi Marittime, Parco Naturale Gran Bosco di Salbertrand, Edi Pasquettaz, Sara Piani, Federico Rossi di Perni, Francesco Scavino, Valerio Sedran, Emanuele Sibona, Diego Trucchi, Carlo Valsecchi, Flavio Vertui, Valentina Zampieron, Giancarlo Zorzetto.

RICORDO DI GIOVANNI NICOLOTTI

Gli autori ricordano con stima e affetto il Prof. Giovanni Nicolotti, patologo forestale della scuola torinese, coordinatore scientifico del progetto di ricerca, collega, ma soprattutto caro amico.

I nomi scientifici delle specie vegetali seguono la nomenclatura secondo PIGNATTI (1982). Le tipologie forestali seguono la classificazione di CAMERANO et al. (2004) per la Regione Piemonte e CAMERANO et al. (2007) per la Regione Autonoma Valle d'Aosta. I nomi scientifici delle specie entomologiche seguono la nomenclatura del Progetto Fauna Europea (www.faunaeur.org).

ISBN 978-88-901223-8-5

Premessa

Nel 2006 veniva pubblicato, a cura della Regione Autonoma Valle d'Aosta e della Regione Piemonte, il manuale "Selvicoltura nelle foreste di protezione: esperienze e indirizzi gestionali in Piemonte e Valle d'Aosta". Tale volume, partendo dallo scambio di esperienze tra selvicoltori delle Alpi occidentali, forniva un percorso per l'analisi dei popolamenti a protezione diretta e individuava le azioni selvicolturali necessarie affinché gli stessi svolgessero in modo duraturo ed efficace tale ruolo; le indicazioni venivano modulate in funzione dei principali pericoli naturali quali le valanghe, la caduta massi e le lave torrentizie.

Tuttavia, la frequenza e l'intensità delle perturbazioni naturali sembrano modificarsi, in particolare sotto l'effetto dei cambiamenti climatici. Molti modelli si accordano per prevedere un aumento della frequenza degli eventi climatici estremi (tempeste, incendi), una modifica della dinamica delle popolazioni di insetti, un'alterazione delle nicchie ecologiche (sostituzione delle specie), un aumento della sensibilità ai patogeni, in risposta ai cambiamenti delle temperature e delle precipitazioni.

Nel contesto alpino pochi studi hanno analizzato l'impatto del cambiamento dei regimi di perturbazione sulla resistenza e la resilienza delle foreste di protezione. D'altro canto, le regole di gestione raccomandate dalle guide di selvicoltura esistenti per una gestione duratura delle foreste di protezione si basano su una buona conoscenza della dinamica a lungo termine dell'ecosistema forestale.

La proficua collaborazione tra le strutture regionali competenti in materia di foreste delle Regioni Piemonte e Valle d'Aosta, con scambi di esperienze anche con le strutture forestali svizzere e francesi, è quindi continuata su questi aspetti grazie al progetto Alcotra 2007-2013 "Foreste di protezione: tecniche gestionali e innovazione nelle Alpi occidentali" pervenendo, tra l'altro, all'edizione di complementi conoscitivi sulla gestione delle foreste di protezione.

Le ricerche e le esperienze maturate in campo, nel corso del progetto di cooperazione dalla Facoltà di Agraria dell'Università di Studi di Torino, dall'Istituto per le Piante da Legno, l'Ambiente di Torino, dal Consorzio Forestale Alta Valle Susa di Oulx (Torino) e dall'Istituto federale di ricerca per la foresta, la neve e il paesaggio (WSL) di Birmensdorf (Svizzera) sono state condensate in questo volume, che integra il manuale pubblicato nel 2006 attraverso l'approfondimento delle interazioni tra i disturbi naturali e la stabilità delle foreste di protezione.

Sommario



1

Introduzione

- 1.1 Il progetto Alcotra "*Foreste di protezione: tecniche gestionali e innovazione nelle Alpi occidentali*"
- 1.2 Scopo e modo d'uso del manuale
- 1.3 Gestione sostenibile nelle foreste di protezione diretta
- 1.4 Pericoli naturali e disturbi naturali

p.4



2

Fuoco

- 2.1 Descrizione generale del disturbo
- 2.2 Analisi storica del disturbo
- 2.3 Distribuzione del disturbo
- 2.4 Fattori predisponenti
- 2.5 Magnitudo, frequenza ed estensione
- 2.6 Effetti ecologici del disturbo
 - 2.6.1 Danno ai tessuti vegetali e mortalità
 - 2.6.2 Rinnovazione
 - 2.6.3 Composizione specifica
 - 2.6.4 Effetti sul suolo
- 2.7 Indirizzi gestionali
 - 2.7.1 Zonizzazione del rischio
 - 2.7.2 Misure preventive
 - 2.7.3 Ricostituzione post-disturbo
 - 2.7.4 Gestione della necromassa

p.12



3

Vento

- 3.1 Descrizione generale del disturbo
- 3.2 Analisi storica e distribuzione del disturbo
- 3.3 Analisi storica e distribuzione del föhn
- 3.4 Fattori predisponenti
- 3.5 Magnitudo, frequenza ed estensione
- 3.6 Effetti ecologici del disturbo
- 3.7 Indirizzi gestionali
 - 3.7.1 Zonizzazione del rischio
 - 3.7.2 Misure preventive
 - 3.7.3 Ricostituzione post-disturbo
 - 3.7.4 Gestione della necromassa

p.42



4

Neve e valanghe

- 4.1 Valanghe
 - 4.1.1 Descrizione generale del disturbo
 - 4.1.2 Analisi storica del disturbo
 - 4.1.3 Distribuzione del disturbo
 - 4.1.4 Fattori predisponenti
 - 4.1.5 Magnitudo, frequenza ed estensione
 - 4.1.6 Effetti ecologici del disturbo
 - 4.1.7 Indirizzi gestionali
- 4.2 Scivolamento lento del manto nevoso
 - 4.2.1 Descrizione generale del disturbo
 - 4.2.2 Distribuzione del disturbo e fattori predisponenti
 - 4.2.3 Magnitudo, frequenza ed estensione
 - 4.2.4 Effetti ecologici del disturbo

p.72



- 4.2.5 Indirizzi gestionali
- 4.3 Sovraccarico della neve
 - 4.3.1 Descrizione generale del disturbo
 - 4.3.2 Fattori predisponenti
 - 4.3.3 Effetti ecologici del disturbo

p.86



5

Insetti

- 5.1 Descrizione generale del disturbo
- 5.2 Analisi storica del disturbo
- 5.3 Lida Stellata
- 5.4 Diprionidi del pino
- 5.5 Bombice monaco
- 5.6 Processionaria del pino
- 5.7 Tortrice del larice
- 5.8 Scolitide acuminato e dai sei denti
- 5.9 Bostrico del larice
- 5.10 Bostrico, Tipografo dell'abete rosso
- 5.11 Scolitide calcografo
- 5.12 Blastofago distruttore dei pini e Blastofago minore
- 5.13 Pissodi del pino

p.108



6

Funghi fitopatogeni

- 6.1 Descrizione generale del disturbo
- 6.2 Analisi storica del disturbo
- 6.3 Heterobasidion annosum s.l.
- 6.4 Armillaria mellea s.l.
- 6.5 Fomitopsis pinicola
- 6.6 Stereum sanguinolentum
- 6.7 Cryphonectria parasitica
- 6.8 Phytophthora cambivora e P. cinnamomi
- 6.9 Lachnellula willkommii
- 6.10 Incidenza della malattia

p.132



7

Cambiamenti climatici e stabilità



8

Interazione tra disturbi

- 8.1 Fuoco
- 8.2 Vento
- 8.3 Neve e valanghe
- 8.4 Insetti
- 8.5 Funghi fitopatogeni

p.138

Glossario

p. 142

Letteratura citata

p. 143

Fonti e autorizzazioni delle figure

Fonti delle tabelle

Introduzione

1.1 Il progetto Alcotra “Foreste di protezione: tecniche gestionali e innovazione nelle Alpi occidentali”

La realizzazione del manuale rientra tra le attività previste dal progetto **Foreste di protezione: tecniche gestionali e innovazione nelle Alpi occidentali - *Forêts de protection: techniques de gestion et innovation dans les Alpes occidentales***, svoltosi nel periodo 2009-2012 con i fondi del Programma di cooperazione Italia - Francia (Alcotra) 2007/2013. Il progetto ha coinvolto enti territoriali, gestionali e di ricerca delle regioni alpine di Francia, Italia e Svizzera. In particolare la Direzione Opere pubbliche, Difesa del suolo, Economia montana e Foreste della Regione Piemonte ha svolto il ruolo di capofila unico del progetto e l'altro partner italiano è stato la Direzione foreste e infrastrutture della Regione Autonoma Valle d'Aosta. In Italia una concreta collaborazione è stata inoltre fornita dalla Facoltà di Agraria dell'Università degli Studi di Torino (Dipartimento di Valorizzazione e Protezione delle Risorse Agroforestali - Di.Va.P.R.A., Dipartimento di Agronomia, Selvicoltura e Gestione del Territorio - Agro.Selvi.Ter., Dipartimento di Economia e Ingegneria Agraria, Forestale e Ambientale - D.E.I.A.F.A.), dall'Istituto per le Piante da Legno e l'Ambiente di Torino (I.P.L.A. S.p.A.), dal Istituto federale di ricerca per la foresta, la neve e il paesaggio (WSL) di Birmensdorf (Svizzera), dal Consorzio Forestale Alta Valle Susa di Oulx (C.F.A.V.S.) e dal Corpo Forestale della Valle d'Aosta (C.F.VdA.). Sul versante francese sono stati coinvolti sei partner: l'Office National des Forêts (O.N.F. - Agences des Hautes Alpes et de la Savoie), il Cemagref di Grenoble, il Service des Affaires Européennes du Conseil Général de la Savoie, il Comune di Montgenèvre nel Dipartimento Hautes Alpes. Sul versante svizzero sono stati coinvolti i servizi forestali dei Cantoni Vaud e Valais. Le attività si sono svolte in abbinamento con le iniziative condotte nell'ambito di un analogo progetto sull'asse franco-svizzero del

Programma Interreg IV. Complessivamente sono stati interessati i Dipartimenti francesi Savoie, Haute-Savoie, Hautes-Alpes e Isère, i Cantoni svizzeri Valais, Vaud e Fribourg e, per l'Italia, i territori della Valle d'Aosta e delle province di Torino e Cuneo. L'iniziativa si è posta in continuità con il progetto "Gestione sostenibile delle foreste di montagna con funzione di protezione", realizzato, per parte italiana, dalle medesime due Regioni nell'ambito del programma di cooperazione transfrontaliera Interreg III A Alcotra 2000/2006 e che aveva consentito di migliorare la cooperazione tra i gestori forestali delle Alpi occidentali e produrre dei documenti a uso operativo quali manuali di selvicoltura e carte di zonizzazione. In ragione delle limitate esperienze nelle Alpi occidentali, in questo progetto sono state applicate le indicazioni selvicolturali elaborate nei suddetti documenti e ne sono stati valutati le tecniche esecutive, i costi e l'efficacia. Si è inoltre cercato di approfondire le conoscenze sulla stabilità dei boschi di protezione rispetto agli agenti di disturbo naturale quali attacchi parassitari, incendi, cambiamenti climatici e di diffonderle presso i servizi forestali e le collettività alpine.

Il progetto si è quindi posto i seguenti obiettivi:

- verificare i costi e l'efficacia degli interventi selvicolturali nelle foreste di protezione;
- confrontare le metodologie, le tecniche e gli strumenti a disposizione nei tre Paesi;
- integrare le conoscenze scientifiche nelle pratiche di gestione di questi popolamenti;
- migliorare le competenze tecniche dei servizi forestali dei territori coinvolti.

Per raggiungere questi obiettivi sono state elaborate cinque attività di natura tecnica:

1. **zonizzazione:** realizzazione di carte di zonizzazione su scala locale, verifica del loro utilizzo a livello di gestione dei comprensori forestali, confronto tra le metodologie utilizzate nei tre Paesi;
2. **cantieri-pilota:** esecuzione di interventi selvicolturali nelle foreste di protezione, analisi delle tecniche di intervento e dei loro costi ed efficacia. A livello italiano sono stati individuati alcuni comprensori forestali, sia in Piemonte, sia in Valle d'Aosta che hanno costituito la "palestra" per lo svolgimento dei corsi di formazione di cui all'attività 4;
3. **sviluppo delle conoscenze ecologiche e selvicolturali:** integrazione delle conoscenze scientifiche e dei documenti gestionali in merito all'influenza dei disturbi naturali, tra cui gli incendi, gli insetti dannosi, i funghi fitopatogeni, la neve, il vento e i cambiamenti climatici. Tali esperienze, oltre a conoscenze pregresse sia sul territorio sia in ambito universitario e gestionale, hanno permesso la raccolta di dati e informazioni utili al fine della redazione del presente manuale;
4. **formazione:** organizzazione di attività di formazione a carattere internazionale e locale finalizzata ad assicurare l'ag-

giornamento e a rafforzare le competenze del personale dei servizi forestali e dei professionisti del settore in merito alle tecniche di intervento nei boschi di protezione;

5. **comunicazione:** produzione di documenti e organizzazione di incontri volti a sensibilizzare amministratori, popolazione e tecnici sul ruolo prioritario esercitato dalle foreste di protezione ai fini della salvaguardia dei territori di montagna e sull'esigenza di gestire in modo sostenibile questi comprensori forestali. In particolare a livello italiano sono stati realizzati:
 - un manuale relativo alla fase cantieristica e ai relativi costi nell'ambito delle foreste di protezione, anche quale risultato delle attività 2 e 4;
 - il presente lavoro, realizzato in concerto tra la Regione Piemonte e la Regione Autonoma Valle d'Aosta e redatto dal personale scientifico e tecnico degli Enti sopraccitati (Università degli Studi di Torino, I.P.L.A. S.p.A., Consorzio Forestale Alta Valle Susa di Oulx e WSL di Birmensdorf).

1.2 Scopo e modo d'uso del manuale

Questo manuale è un'integrazione della monografia "Selvicoltura nelle foreste di protezione" (Regione Autonoma Valle d'Aosta e Regione Piemonte, 2006), edita a conclusione del progetto di ricerca Interreg IIIA Italia-Francia "Gestione sostenibile delle foreste di montagna con funzione di protezione". Si considerano qui i principali disturbi naturali a cui sono soggette le foreste di montagna nelle Alpi occidentali e si danno indicazioni utili alla loro prevenzione e mitigazione, in particolare nelle foreste di protezione diretta nei confronti dei pericoli naturali descritti dal precedente manuale (caduta massi, valanghe, lave torrentizie e scivolamenti superficiali). I disturbi sono eventi definiti nel tempo e nello spazio che modificano in modo improvviso la struttura di ecosistemi, comunità e popolazioni (es. incendi, schianti da vento, valanghe, pullulazioni di insetti). Oltre a questi, altri fattori, i funghi fitopatogeni, possono alterare in tempi più o meno lunghi le foreste e, pertanto, in questo manuale sono stati trattati come disturbi naturali. Mentre i pericoli minacciano le attività umane e possono essere mitigati dalle foreste di protezione diretta, i disturbi alterano la foresta stessa. Le conseguenze a breve e medio termine nei confronti della funzione protettiva possono avere natura negativa, neutra o positiva a seconda delle caratteristiche del disturbo.

A chi è rivolto?

Tecnici forestali pubblici e privati; proprietari forestali e amministratori locali; altri gestori territoriali e ambientali; titolari di beni o servizi in aree montane e altri portatori di interesse.

A cosa serve?

- Aumentare la consapevolezza del ruolo ecologico e dell'effetto dei disturbi naturali.
- Fornire uno strumento di diagnosi e supporto alle decisioni del personale tecnico che opera nelle foreste di protezione.



Versione pdf scaricabile all'indirizzo:
www.regione.piemonte.it/montagna/pubblicazioni/pubblicazioni.htm

- Fornire elementi di gestione selvicolturale mirati all'ottimizzazione della funzione di protezione diretta nelle foreste interessate da disturbi naturali e alla prevenzione delle loro conseguenze negative.

Com'è organizzato?

Introduzione: chiarisce la differenza tra pericoli e disturbi naturali e definisce i regimi di disturbo.

I disturbi naturali: per ogni tipo di disturbo sono descritti gli elementi diagnostici (descrizione del disturbo), storici, geografici (distribuzione), quantitativi (magnitudo, frequenza ed estensione), i fattori predisponenti, gli effetti nei confronti della funzione di protezione diretta, gli indirizzi gestionali per la prevenzione e per la mitigazione del danno.

Cambiamenti climatici e interazioni tra disturbi: un evento di disturbo interagisce sempre con i fattori stagionali, climatici e la vegetazione esistente, che a sua volta è influenzata dai disturbi precedenti. L'operatore chiamato a decidere della gestione di un bosco soggetto a disturbi è invitato a prendere in considerazione anche gli effetti dei cambiamenti climatici previsti per il futuro e le possibili interazioni tra disturbi che possono fare seguito ad ogni singolo evento.

Sussidi al testo

Box: il testo è inframmezzato da approfondimenti di carattere teorico o presentazione di casi di studio a titolo di esempio, anche a cura di autori non direttamente coinvolti nelle attività progettuali. In tal caso sono segnalati.

Glossario: riporta una definizione di alcuni termini ricorrenti nel testo con cui l'operatore è invitato a familiarizzare. In ciascun capitolo, questi termini sono messi in evidenza da un asterisco (es. altezza di fiamma*) la prima volta che sono citati.

Immagini: sono state scelte come supporto e completamento del testo; fanno sempre riferimento a eventi precisi avvenuti in tempi noti.

Bibliografia: al fine di rendere la lettura più scorrevole, nel testo la fonte bibliografica viene indicata solo nel caso di citazioni letterali o di definizioni importanti; nel caso delle figure, viene citata solo nel caso di elaborazioni non originali (Fonti e autorizzazioni delle Figure).

1.3 Gestione sostenibile nelle foreste di protezione diretta

Le foreste di montagna forniscono un'ampia varietà di prodotti e servizi, i cui benefici ricadono non solo sulle popolazioni locali, ma anche sui fruitori del territorio e sugli abitanti delle pianure. La produzione di legname, la conservazione della biodiversità e la protezione nei confronti dei pericoli naturali sono oggi tra i principali servizi richiesti. Per questo, è fondamentale garantire la conservazione delle risorse forestali e l'approvvigionamento continuo di beni e servizi attraverso una gestione sostenibile che preveda l'equilibrio tra i diversi usi. Tuttavia, le diverse aspettative



Figura 1.1 Schianto in seguito a nevicata eccezionale in una Pineta di pino silvestre con funzione di protezione diretta (dicembre 2008 - Beaume, Oulx, Torino).



Figura 1.2 Foresta di protezione diretta nei confronti di un'infrastruttura primaria (Morgex, Valle d'Aosta).

di proprietari, fruitori e altri portatori di interesse possono provocare conflitti nella destinazione d'uso delle foreste e, quindi, nella loro gestione. Questa considerazione assume un aspetto particolarmente importante quando interessa le foreste di protezione, che coinvolgono la permanenza dell'uomo e delle sue attività nei territori montani. Una foresta non gestita, soggetta a evoluzione naturale, non esercita tutte le sue funzioni in modo continuo: l'invecchiamento del bosco porta infatti a una fase di collasso, mentre gli agenti esterni di perturbazione possono agire in ogni momento in modo distruttivo sul popolamento (Figura 1.1). La continuità nello svolgimento delle diverse funzioni da parte di popolamenti forestali multifunzionali è possibile solo quando questi sono "stabili". Da un punto di vista selvicolturale, la stabilità è la capacità di un popolamento di mantenere la sua struttura e la sua vitalità rispetto alle influenze esterne e interne e di svolgere in modo continuo e sostenuto le funzioni richieste (DOTTA e MOTTA, 2000). Mentre in un popolamento con esclusiva finalità produttiva la stabilità si identifica con la **resistenza** agli agenti esterni, nel caso delle foreste di protezione tale caratteristica deve essere abbinata anche a un'adeguata **resilienza**, ossia la capacità di ritornare allo stato precedente la perturbazione in termini di composizione, struttura e funzionalità. L'obiettivo principale della selvicoltura nelle foreste di montagna è quindi assicurare ai popolamenti il più alto grado di stabilità, mediante la promozione delle loro caratteristiche di resistenza e resilienza, in funzione delle perturbazioni a cui si prevede che essi saranno sottoposti.

1.4 Pericoli naturali e disturbi naturali

Le foreste di protezione diretta proteggono gli insediamenti, la viabilità e le attività dell'uomo da pericoli naturali (Figura 1.2). Questi sono eventi che si verificano in modo più o meno discontinuo e possono produrre effetti negativi per l'uomo sia dal punto di vista economico che sociale. I pericoli più frequenti nelle aree montane sono le valanghe, la caduta massi, le frane e le colate di fango (lave torrentizie). Non tutti i pericoli naturali possono essere prevenuti o mitigati dalla presenza dei popolamenti forestali. Tuttavia, in molti casi la presenza del bosco, di fatto, impedisce il verificarsi del pericolo. La definizione di pericolo include quindi la potenzialità del suo verificarsi in assenza di bosco. I pericoli naturali sono in parte prevedibili in funzione del settore altitudinale, dell'esposizione e della pendenza del versante nonché della sua morfologia. Ogni pericolo naturale è caratterizzato da un'area di insidenza* e da una probabilità di verificarsi con una determinata intensità. La probabilità si esprime come intervallo di tempo (tempo di ritorno) che intercorre mediamente tra due eventi caratterizzati dalla stessa intensità e area di insidenza. Più il tempo di ritorno è alto, meno è probabile che un evento di una data intensità si verifichi in quell'area in un determinato periodo di tempo. Allo stesso modo, le foreste di protezione, così come le altre foreste, sono soggette a disturbi naturali, spesso caratterizzati da



Figura 1.3 Schianto da vento (27 febbraio 1990 - Issard, Bardonecchia, Torino). Pur interessando una superficie limitata, il disturbo ha assunto ora carattere di disastro (a sinistra), mantenendo in piedi parte del soprassuolo, ora di catastrofe (a destra).

un tempo di ritorno più lungo e variabile rispetto ai pericoli naturali. Un disturbo naturale è un evento definito nel tempo e nello spazio che altera la struttura di ecosistemi, comunità, popolazioni, modificandone il substrato e l'ambiente fisico (PICKETT e WHITE, 1985). Da un punto di vista ecologico, un disturbo non ha effetti positivi o negativi, ma rappresenta un cambiamento improvviso dello *status quo*, che favorisce alcune specie e ne sfavorisce altre. I disturbi naturali non compromettono quindi la stabilità ecologica delle foreste, essendo parte di una dinamica che prevede, sul medio e lungo periodo, l'alternarsi di popolamenti con diversa composizione e struttura. Il verificarsi dei disturbi può però compromettere, per periodi più o meno lunghi, la capacità di un popolamento di svolgere le funzioni richieste dall'uomo. Questo aspetto ha un'importanza determinante nelle foreste di protezione diretta, che devono assicurare la loro funzione in modo continuo. Il regime di disturbo è la sintesi di come i diversi disturbi agiscono sulla vegetazione forestale in un determinato ecosistema o in un certo territorio, a scala regionale e/o locale. Il regime di disturbo è descritto attraverso le sue principali componenti:

- **tipo:** agente causale o natura delle perturbazioni. I tipi di disturbo naturale analizzati in questo manuale sono il fuoco, il vento, la neve, le valanghe e i disturbi di origine biotica (pullulazioni* di insetti e funghi fitopatogeni). Alcuni disturbi, come le valanghe, sono al tempo stesso pericoli naturali, da cui le foreste sono in grado di fornire protezione, a beneficio degli insediamenti antropici. Altri tipi di disturbo comprendono alluvioni, frane, eruzioni vulcaniche o terremoti, eventi meteorologici estremi, altri agenti biotici (es. vischio, roditori o ungulati selvatici) e i disturbi di origine antropica (es. pascolamento, rimozione della componente arborea, arbustiva o erbacea nel contesto dei normali interventi selvicolturali o di cambiamenti d'uso del suolo);
- **frequenza:** numero di eventi che si verificano mediamente



Figura 1.4 Residui biotici in seguito a incendio distruttivo (3 marzo 2000 - Mompantero, Torino).



Figura 1.5 *Cistus albidus* L., specie di zone aride a protezione assoluta in Piemonte, il cui seme è caratterizzato da tegumenti duri che si aprono solamente al passaggio del fuoco.

su una data superficie in un periodo di tempo (es. numero di incendi o di trombe d'aria per ogni secolo);

- **distribuzione, estensione e specie ospiti:** superficie interessata dalla perturbazione e distribuzione della superficie disturbata nello spazio geografico, topografico o vegetazionale;
- **tempo di ritorno:** numero di anni che intercorre mediamente tra il verificarsi di due eventi di una data intensità sulla stessa superficie. È una misura di natura statistica, calcolata dalle osservazioni e non da considerazioni teoriche o ecologiche. Inoltre non implica che un evento si ripeta regolarmente nel tempo. Nell'arco di un secolo, ad esempio, una valanga con tempo di ritorno di 100 anni può verificarsi zero, una, due o più volte; in ciascun anno esiste una probabilità di (1/tempo di ritorno) che avvenga un evento di intensità uguale o superiore;
- **magnitudo (intensità):** quantità di energia rilasciata dall'evento;
- **severità:** importanza degli effetti delle perturbazioni sull'ecosistema. Sotto questo punto di vista si distinguono i disturbi minori, che rilasciano una parte più o meno consistente del popolamento preesistente, e i disturbi maggiori o distruttivi che provocano l'eliminazione della parte principale del popolamento (Figura 1.3).

Nel caso dei funghi fitopatogeni, il regime di disturbo non può essere descritto attraverso le medesime componenti impiegate per gli altri fattori di disturbo. Pertanto l'unico parametro riportato è quello relativo all'**incidenza della malattia** corrispondente al numero o alla percentuale di piante con sintomi (n . di piante con sintomi/ n . di piante analizzate $\times 100$). Da un punto di vista selvicolturale è utile la suddivisione dei disturbi in disastri e catastrofi. Un disastro è un evento che ha un tempo di ritorno inferiore alla vita media di una generazione del popolamento forestale, mentre una catastrofe ha un'intensità molto più forte e si verifica solo eccezionalmente e, in ogni caso, con un tempo di ritorno superiore alla vita media di una generazione. Ogni popolamento forestale nella sua vita deve affrontare almeno un disastro, quindi è importante che possieda caratteristiche di resistenza o resilienza che gli permettano di mitigarne gli effetti. Le catastrofi invece non possono essere mitigate, in quanto per definizione hanno una magnitudo superiore alla resistenza del bosco. Sulle Alpi, nessun disturbo elimina dall'ecosistema tutte le componenti animali e vegetali. Ciascun disturbo lascia dopo di sé dei residui specifici (es. legno morto, semi, ceppaie ecc.) che possono essere un elemento chiave nel processo di ricostituzione del soprassuolo (Figura 1.4). Altre cause che possono compromettere la stabilità delle foreste di protezione sono le malattie e i deperimenti (Box 1.1). Queste cause non possono essere considerate disturbi in senso stretto, in quanto non sono eventi ma processi che agiscono su tempi relativamente lunghi. Il loro effetto è però quello di indebolire il popolamento forestale e quindi comprometterne la stabilità sia attraverso gli effetti diretti (es. la mortalità) sia aggravando la severità di eventuali disturbi. In passato, i disturbi

naturali erano considerati eventi rari e quindi non integrati nei processi di dinamica forestale, ma negli ultimi decenni la ricerca ha acquisito dati ed esperienze sufficienti per un radicale cambiamento di interpretazione sul loro ruolo ecologico. Lo studio dei disturbi naturali si è sviluppato a partire dalle foreste naturali dell'America settentrionale; in anni recenti anche la ricerca nelle foreste di montagna europee, pur antropizzate da secoli, ha delineato alcune caratteristiche del regime di disturbo potenziale e ha elaborato strategie gestionali che tenessero conto del loro ruolo ecologico. In alcuni casi, ad esempio nelle foreste di protezione, si deve attuare una strategia di prevenzione, di limitazione degli effetti ed eventualmente di ricostituzione dei popolamenti interessati dai disturbi. In altri casi, i disturbi possono rappresentare un'indicazione importante per l'attuazione di una gestione che ne imiti gli effetti, facilitando la rinnovazione e le dinamiche naturali e valorizzando la diversità e la naturalità dei popolamenti. Infine, il mantenimento di un certo regime di disturbo è talora necessario alla conservazione di alcune specie di flora o fauna di interesse prioritario, come nel caso delle specie pirofite*, la cui rinnovazione richiede il passaggio del fuoco (Figura 1.5).

Box 1.1

Malattie e deperimenti



Le malattie sono alterazioni dello stato fisiologico dell'organismo, capaci di ridurne, modificarne negativamente o bloccarne le normali funzionalità. Il deperimento delle foreste è invece un problema complesso caratterizzato dalla graduale perdita di vitalità di una o più specie forestali, che può verificarsi sia a scala di singolo popolamento che a scala regionale ed è innescato da organismi patogeni, siccità o altri fattori che aumentano la predisposizione alla perdita di vitalità e alla mortalità delle piante, risultante dall'azione combinata di agenti cronici e acuti. Gli

indizi più evidenti di uno stato di deperimento sono la riduzione della densità della chioma e la mortalità di singoli individui o di gruppi di alberi, con sintomi spesso più evidenti negli individui maturi e dominanti. Gli agenti del deperimento possono essere classificati in tre categorie:

- **Fattori predisponenti:** stress cronici e prolungati, capaci di indebolire progressivamente il soggetto e ridurre la sua resistenza ai fattori di stress acuto. Ne sono un esempio il regime climatico, la competizione intra- e interspecifica, la disponibilità locale di acqua e nutrienti.
- **Fattori scatenanti:** stress acuti di breve durata e di origine biotica o abiotica, capaci di ridurre significativamente la vitalità dell'albero, fino ad impedirne la ripresa o, in casi estremi, la sopravvivenza. Più spesso questi agenti accelerano il deperimento di individui già indeboliti da fattori predisponenti, riducendone ulteriormente la resistenza a fattori di stress puntuali che, da soli, non sarebbero in grado di nuocerli in modo significativo.
- **Fattori contribuenti:** stress a carattere puntuale, anche di bassa intensità, sufficienti ad accelerare il deperimento o a determinare la morte di individui già indeboliti.

Negli ultimi decenni si è registrato un aumento dei casi di deperimento forestale in diverse parti del mondo. A molti di questi è stata attribuita un'origine antropica, assegnando un ruolo alle contaminazioni con ozono, zolfo o metalli pesanti. In altri casi i fenomeni di deperimento sono risultati di natura complessa in quanto associati a un insieme di concause, anche naturali. Il ruolo dei deperimenti è stato studiato in modo più approfondito soprattutto in relazione ai cambiamenti climatici e di uso del suolo da parte dell'uomo. Al contrario dei disturbi naturali, lo studio dei deperimenti si è focalizzato soprattutto sulle foreste antropizzate e nelle aree dove l'uomo ha intensamente utilizzato e trasformato i popolamenti forestali.

Fuoco

2.1 Descrizione generale del disturbo

Il fuoco è un fattore fondamentale per l'evoluzione degli ecosistemi forestali: modifica la composizione, la struttura e il mosaico della vegetazione, altera la disponibilità delle risorse idriche e le caratteristiche chimico-fisiche del suolo, regola la biomassa e il ciclo dei nutrienti. Tuttavia, il ruolo del fuoco come fattore ecologico è condizionato dalla presenza dell'uomo e dalle sue esigenze di gestione del territorio. In particolare, gli incendi rappresentano un elemento di destabilizzazione delle molteplici funzioni svolte dalle foreste, inclusa quella di protezione diretta.

Per incendio boschivo si intende "un fuoco con suscettività a espandersi su aree boscate, cespugliate o arborate, comprese eventuali strutture e infrastrutture poste all'interno delle predette aree, oppure su terreni coltivati o incolti e pascoli limitrofi" (L. 353/2000, art. 2). In base al tipo di combustibile coinvolto e alle modalità di innesco e di diffusione dell'incendio si distinguono tre tipologie di propagazione del fuoco, che possono verificarsi simultaneamente o in diversa sequenza nel corso di ciascun evento di disturbo (Figura 2.1, Tabella 2.1):

- **fuoco radente:** interessa i combustibili di superficie (lettiera indecomposta, strato erbaceo e arbustivo). Intensità, velocità di propagazione e tempo di residenza* sono ampiamente variabili a seconda delle caratteristiche del combustibile, anche nell'ambito dello stesso evento;
- **fuoco di chioma:** interessa i combustibili aerei nelle aree boscate (principalmente la parte fogliare delle chiome). Può propagarsi da un fronte radente, interessando singoli alberi o piccoli gruppi di piante (passivo), oppure di chioma in chioma, interessando la maggior parte dello strato arboreo (attivo e indipendente). Le intensità sono molto elevate e variabili da 10.000 kW/m nel fuoco passivo a molte decine di migliaia di kW/m in quello attivo. Le velocità di propagazione sono elevate e i tempi di residenza relativamente ridotti. È possibile



Figura 2.1 Tipi di propagazione del fuoco

l'innescò di focolai secondari per opera di particelle ardenti trasportate dal vento (*spotting**);

- **fuoco sotterraneo:** interessa il materiale organico presente nella parte profonda del suolo (*humus*, torbe, radici, ecc.). Data l'assenza di fiamma viva, le intensità sono molto ridotte, così come le velocità di propagazione. Genera frequentemente riprese d'incendio*. I suoi effetti a carico della vegetazione possono manifestarsi anche a distanza di tempo, spesso in stretta dipendenza dal deficit idrico che ha favorito la propagazione sotterranea.

Tabella 2.1

Intensità del disturbo a seconda della modalità di propagazione (fronte di fiamma allineato).

Tipo di incendio	Altezza di fiamma e profondità della combustione	Velocità del fronte di fiamma	Intensità lineare ⁽¹⁾
Radente lettiera	0-3 m	2-10 m/min	100-1.200 kW/m
Radente erbaceo	0-2 m	5-20 m/min	100-3.000 kW/m
Radente arbustivo	1-10 m	5-50 m/min	100-3.000 kW/m
Chioma passivo	5-10 m (15-20 m)	10-50 m/min	3.000-15.000 kW/m
Chioma attivo	10 m (20-30 m)	10-30 m/min	18.000-23.000 kW/m
Chioma indipendente	40-50 m (70 m)	30-50 (100) m/min	25.000-50.000 kW/m
Sotterraneo	fino a 40-80 cm di profondità	< 10 cm/ora	< 10 kW/m

⁽¹⁾ L'intensità lineare esprime il calore emanato nell'unità di tempo dall'unità di lunghezza del fronte di fiamma. È data dal prodotto di velocità di propagazione del fronte di fiamma (m/s), potere calorifico del combustibile (kcal/kg) e combustibile consumato per unità di superficie (kg/m²).

2.2 Analisi storica del disturbo

L'utilizzo del fuoco come mezzo di eliminazione della foresta a favore di spazi aperti per la coltivazione e il pascolo è stato ricorrente sulle Alpi, dal Neolitico fino agli ultimi due secoli. Dal secondo dopoguerra la riduzione delle pratiche agricole in determinate aree montane, la concentrazione della popolazione negli agglomerati urbani, il progressivo aumento della superficie forestale, la riduzione o l'interruzione della raccolta del legname e della lettiera e la riduzione del presidio dei territori forestali hanno concorso all'aumento della biomassa combustibile e delle cause antropiche di innesco.

A partire dagli anni '90 il numero di incendi e la superficie percorsa annualmente dal fuoco hanno subito una lieve diminuzione, grazie al miglioramento dell'organizzazione antincendio in molte regioni. Periodicamente, seppure in maniera irregolare, si assiste a una recrudescenza del fenomeno in relazione agli andamenti climatici, che possono favorire l'accumulo del combustibile o il raggiungimento di valori critici nel suo contenuto idrico. Il numero di incendi e la superficie percorsa negli ultimi decenni in Piemonte e Valle d'Aosta sono illustrati dalle Figure 2.2 e 2.3. I valori relativi alle sole foreste di protezione diretta sono illustrati nel paragrafo 2.5.

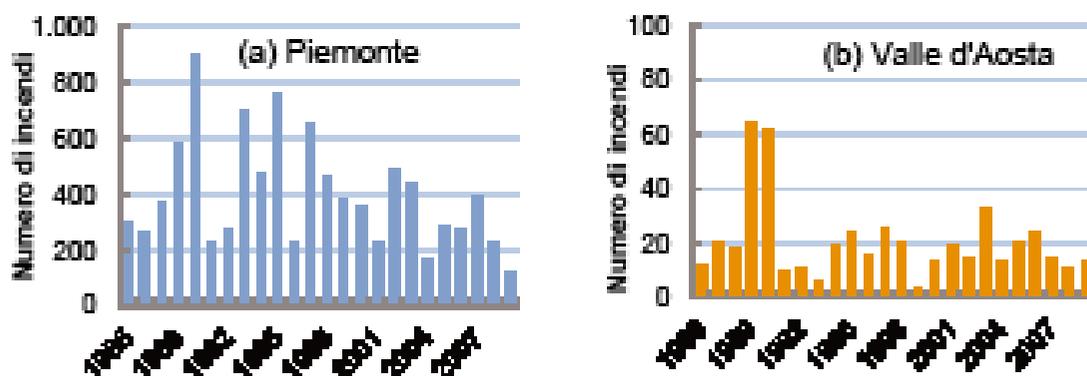


Figura 2.2 Frequenza degli incendi boschivi (tutti i tipi) in Piemonte (a) e Valle d'Aosta (b) nel periodo 1986-2009.

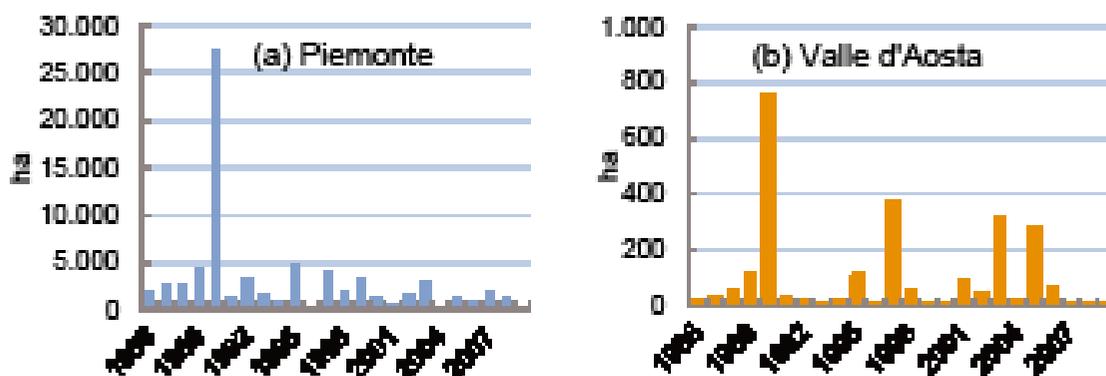


Figura 2.3 Superficie boscata percorsa da incendio (tutti i tipi) in Piemonte (a) e Valle d'Aosta (b) nel periodo 1986-2009.

2.3 Distribuzione del disturbo

Nelle regioni alpine gli incendi interessano soprattutto le valli continentali, con innesco preferenziale alle basse quote e sui versanti esposti a Sud, sia per la maggior xericità di queste zone che per l'elevata densità di attività antropiche (Figura 2.4). I comuni più colpiti in Piemonte e Valle d'Aosta sono indicati nella Figura 2.5.

Le categorie forestali più colpite negli ultimi 20 anni in Piemonte sono le Faggete, i Castagneti e i Querceti di rovere, mentre in Valle d'Aosta prevalgono i Querceti di roverella, i Castagneti e le Pinete di pino silvestre (Tabella 2.2). Ciascuna categoria forestale è contraddistinta da una stagionalità e da un comportamento del fuoco* caratteristici:

- **Querceti:** prevalgono i fronti radenti, con una bassa probabilità di passaggio in chioma tranne che in popolamenti radi, con vegetazione arbustiva sviluppata e ridotte altezze medie. Nel periodo invernale è più probabile il fuoco di chioma a causa del fogliame semipersistente (Figura 2.6). Frequenti i focolai sotterranei;
- **Castagneti e Faggete:** sono comunissimi gli incendi radenti in inverno e primavera; riprese di incendio* possono derivare da focolai residui nelle ceppaie periferiche. In presenza di sottobosco sviluppato sono possibili fronti radenti potenzialmente letali per i fusti (Figura 2.7). Nelle altre stagioni solo raramente il fuoco raggiunge i rami più bassi, ma in boschi misti con conifere c'è la possibilità di evoluzione nella chioma. In caso di annate eccezionalmente secche e ventose possono svilupparsi incendi anche molto estesi (come nell'estate 2003 in Piemonte);
- **Peccete:** nelle fustaie adulte dense, a causa della scarsità del sottobosco, il fuoco è in genere radente con frequenti manifestazioni sotterranee nei periodi siccitosi. La possibilità di evoluzione in chioma si ha nei fitti rimboschimenti con scarsa autopotatura e abbondante presenza di combustibili aerei;

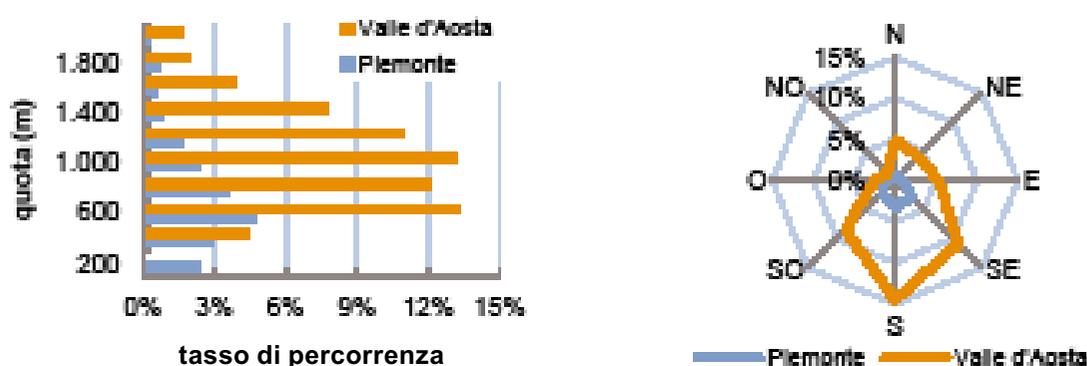


Figura 2.4 Tasso di percorrenza degli incendi boschivi in Piemonte (2001-2009) e Valle d'Aosta (1961-2008), a sinistra per quota e a destra per esposizione prevalente (tutti i tipi di incendio, esclusa ripercorrenza). Per ciascun range di quota o esposizione, le percentuali sono riferite al rispettivo totale di superficie forestale a protezione diretta.

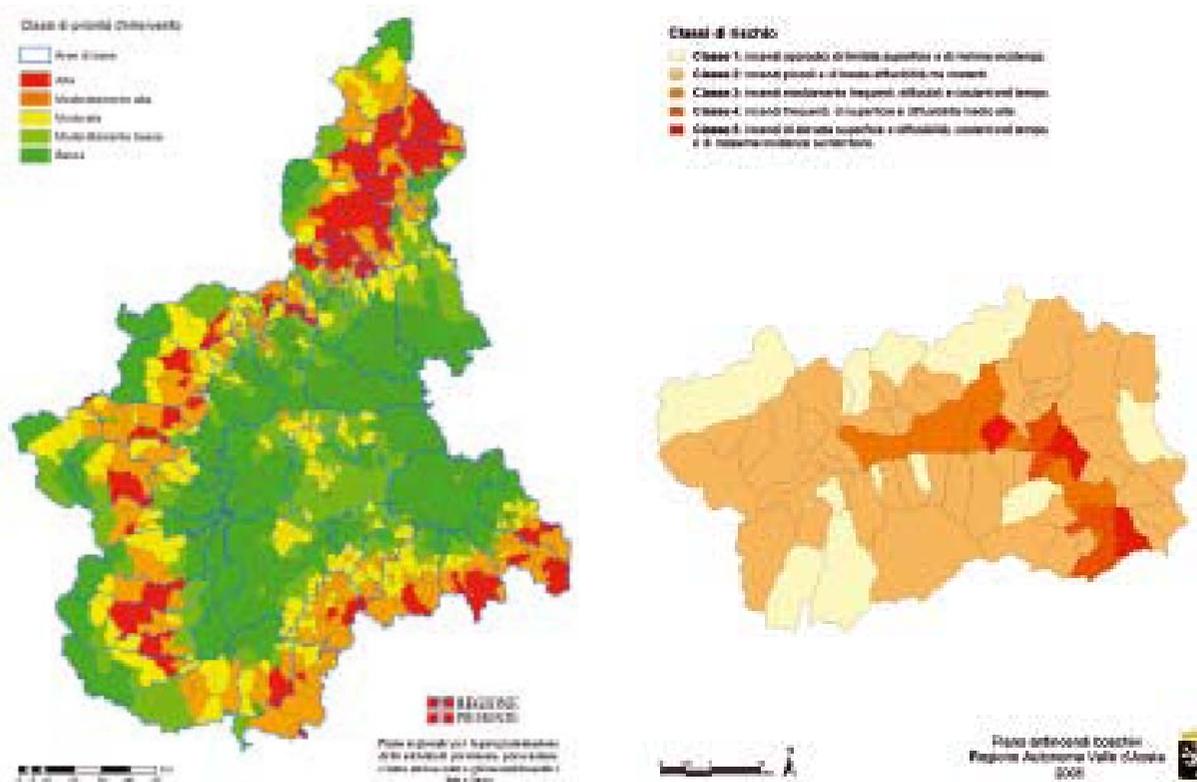


Figura 2.5 Zonizzazione del rischio di incendio, a sinistra in Piemonte e a destra in Valle d'Aosta, modificati da Regione Piemonte (2011) e Regione Autonoma Valle d'Aosta (2005).

Tabella 2.2

Superficie percorsa da incendi e principi d'incendio in Piemonte e Valle d'Aosta.

	Piemonte		Valle d'Aosta		
	Superficie (ha)	% foreste protezione	Superficie (ha)	% foreste protezione	Principi incendio
Abetine	1,8	0,0	0,0	0,0	1
Castagneti	822,6	3,7	252,7	11,5	25
Faggete	730,7	1,7	0,0	0,0	0
Lariceti e Cembrete	68,7	0,2	102,2	0,7	23
Peccete	1,0	0,0	14,0	0,2	6
Pinete	127,7	3,6	296,7	4,8	20
Querceti	336,9	3,6	137,5	12,4	16
Altro	906,4	1,6	498,1	3,6	80
Totale	2.995,6	1,5	1.301,2	2,9	171

Superficie totale (media annua) percorsa da incendi (Valle d'Aosta: 1987-2010, Piemonte: 2001-2009), numero di principi di incendio (solo per la Valle d'Aosta: 1995-2010) e percentuale di foreste di protezione diretta percorse per categoria forestale.



Figura 2.6 Incendio di chioma in Querceto di rovere (21 gennaio 2005 - Cafasse, Torino).



Figura 2.7 Morte del cambio in seguito ad incendio radente in Faggeta (28 agosto 2003 - Valdieri, Cuneo).

- **Abetine:** il passaggio del fuoco è raro, ma nelle annate siccitose gli incendi possono causare danni di notevole entità;
- **Lariceti:** il fuoco si manifesta con fronte radente, interessando lo strato erbaceo e arbustivo che localmente può essere anche abbondante. Le evoluzioni in chioma sono rare, ma possibili in particolari situazioni (Figura 2.8);
- **Pinete di pino nero:** la categoria è poco diffusa (rimboschimenti), ma potenzialmente soggetta a incendi di chioma di alta intensità per i fattori stagionali, climatici e strutturali a essa associati;
- **Pinete di pino silvestre:** in questa specie il comportamento del fuoco riflette la variabilità strutturale dei combustibili che caratterizza i popolamenti. In Pinete rade con chiarie in rinnovazione o con struttura disetanea a gruppi, l'incendio in chioma può distruggere il 90-100% del popolamento. Nei densi popolamenti di neoformazione (Figura 2.9) il fronte diventa rapidamente incontrollabile con distruzione totale del soprassuolo. In Pinete coetanee con alberi adulti, scarsa rinnovazione e chiome lontane da terra, è più frequente l'incendio radente, mentre l'incendio di chioma si sviluppa solo se lo stesso è già in corso e a carattere attivo. Infine, in popolamenti radi con ampie zone libere da vegetazione è frequente l'insorgenza di fuoco radente e di chioma passivo;
- **Fustaie miste di conifere:** il diverso grado di mescolanza delle specie determina il comportamento del fuoco. In particolare la presenza di pini (silvestre, uncinato, cembro) può determinare l'evoluzione in chioma del fuoco e il coinvolgimento delle altre conifere presenti, anche se queste presentano una minore infiammabilità (abete rosso, larice, ecc.).



Figura 2.8 Incendio di chioma in Lariceto (29 agosto 2001 - Andonno, Valdieri, Cuneo).



Figura 2.9 Incendio di chioma in Pineta di pino silvestre (12 marzo 2005 - Verrayes, Valle d'Aosta).

2.4 Fattori predisponenti

- Combustibile:** il grado di infiammabilità dei combustibili e la loro capacità di favorire la propagazione del fronte di fiamma* sono legati non tanto alla specie vegetale, quanto al carico di combustibile*, alle caratteristiche morfologiche e dimensionali, al contenuto idrico, alla continuità verticale e orizzontale. Queste variabili sono a loro volta l'effetto dell'interazione tra categoria forestale, stazione, clima, dinamica forestale, tempo trascorso dall'ultimo disturbo, uso del suolo e interventi selvicolturali. Un sistema di classificazione dei **tipi di combustibile**, cioè associazioni di elementi combustibili di determinata specie, forma, dimensione, struttura e continuità, è stato sviluppato in Nord America e recentemente adattato ad ambienti mediterranei europei. Tale sistema, però, deve essere ancora correlato a parametri di rischio o di comportamento del fuoco per poter rappresentare uno strumento utile alla pianificazione. Inoltre, sono attualmente in fase di sperimentazione tecniche di telerilevamento dei combustibili basate su sensori aerei o satellitari in grado di penetrare le chiome (es. LIDAR, radar, iperspettrale).
- Topografia:** oltre alla pendenza, che è determinante nella maggior parte degli incendi in aree montane (Figura 2.10), l'esposizione è fra le condizioni di maggiore rilevanza, con frequenze di incendio elevate sui versanti esposti a Sud, caratterizzati da una marcata xericità. Nelle fasce altitudinali più basse si verifica la maggior parte degli incendi, ma anche in quota gli eventi possono propagarsi su estensioni degne di nota. Inoltre le aree a orografia complessa (es. con rupi boscate, forre, ecc.) spesso sono interessate da incendi di notevole estensione.
- Fattori climatici e meteorologici:** la frequenza degli incendi in una determinata area è influenzata anche da vari fattori climatici, in particolare dal quantitativo e dalla distribuzione stagionale delle precipitazioni, specialmente nelle vallate dell'arco alpino occidentale caratterizzate da ridotte precipitazioni medie annue (es. Valle d'Aosta, Valle Susa). I fattori climatici sono determinanti nel condizionare le specie prevalenti e le caratteristiche dei popolamenti; nel medio e breve periodo, inoltre, influiscono sulle condizioni dei combustibili (es. carico di combustibile erbaceo) e sul loro contenuto idrico (Tabella 2.3). Sull'arco alpino, la combinazione di periodi a precipitazione nulla o di anni siccitosi consecutivi con giornate o periodi a elevata ventosità (specialmente in caso di föhn) porta allo sviluppo di incendi vasti e distruttivi. Anche i periodi particolarmente caldi (specialmente se abbinati a siccità e nel periodo compreso fra la primavera e l'autunno) influiscono sulla frequenza e intensità degli incendi.
- Eventi meteorologici eccezionali:** possono creare situazioni locali di estrema pericolosità, come nel caso dei mas-



Figura 2.10 Variazioni nella propagazione di un fronte radente in occasione di un cambiamento della pendenza (CESTI, 2011).

sicci aumenti del carico di combustibile morto in seguito a schianti da vento (Box 3.1) e da neve. L'azione del vento è responsabile dell'accensione di focolai secondari in seguito al trasporto di particelle ardenti distanti dal fronte di fiamma (*spotting*).

Fra gli elementi meteorologici correlati con gli incendi boschivi vi sono infine gli episodi temporaleschi, influenti non solo per ciò che concerne l'umidità dei combustibili e per le raffiche di vento a essi associate, ma anche per l'innesco dei focolai da parte dei fulmini.

Tabella 2.3

Comportamento del fuoco per diversi valori di umidità dell'aria e del combustibile (CESTI e CERISE, 1992 modificato).

Umidità dell'aria	Umidità dei combustibili fini (1 cm)	Umidità della lettiera	Possibile comportamento del fuoco
>60%	>15%	>20%	Accensioni limitate, possibile <i>spotting</i> con vento > 16 km/h
60-45%	15-12%	19-15%	Basso rischio di accensione, le braci possono provocare accensione con umidità relativa < 50%
45-30%	12-10%	14-11%	Medio rischio, piccole fiamme libere e pericolose, condizioni per una combustione completa
40-26%	10-7%	10-8%	Alto rischio di accensione, passaggi in chioma, <i>spotting</i> con vento a raffiche
30-15%	7-5%	7-5%	Accensione e crescita dei focolai rapide; fuoco di chioma esteso; <i>spotting</i> a lunga distanza
<15%	<5%	<5%	Ogni fonte di combustione è pericolosa, manifestazione di fiamme violente e comportamenti estremi del fuoco, frequenti focolai secondari da <i>spotting</i>

Le variazioni climatiche in atto nella regione alpina, che potrebbero comportare un aumento delle temperature e una diminuzione delle precipitazioni, con estremizzazione di situazioni anomale estive (Vedi Capitolo 7), possono causare cambiamenti significativi nella distribuzione del combustibile, nelle condizioni di innesco e di propagazione degli incendi, con un potenziale aumento delle superfici percorse, del numero degli incendi e della frequenza di eventi o stagioni estreme e interferendo, inoltre, con le dinamiche di ripresa vegetativa post-disturbo (Box 2.1).

- **Cause d'innesco:** sull'arco alpino occidentale gli incendi boschivi hanno un'origine principalmente antropica, sia involontarie che volontarie (Tabella 2.4). Gli eventi causati direttamente o indirettamente dall'uomo rappresentano una percentuale superiore al 90% (anche gli incendi appartenenti al gruppo delle cause dubbie sono infatti da ascrivere per la maggior parte a un'origine antropica). La causa antropica involontaria più frequente è quella correlabile a lavori agricoli; gli incendi innescati volontariamente differiscono notevolmente nella frequenza secondo le zone considerate. Gli incendi di origine naturale sono principalmente da ascrivere al fulmine, che sulle Alpi rappresenta l'unica causa di una certa rilevanza riferibile a questo gruppo. Il calcolo delle superfici percorse dagli incendi da fulmine non è comunque riconducibile a un regime strettamente naturale, poiché l'intervento di estinzione interferisce notevolmente sulla dinami-

Tabella 2.4

Frequenza relativa di incendi (1987-2010) e principi di incendio (1995-2010) in Valle d'Aosta per causa di innesco (tutti i tipi di incendio).

Cause	Incendi 1987-2010	Principi di incendio ⁽¹⁾ 1995-2010
Fulmini	6%	9%
Volontarie	14%	8%
Agricole	25%	26%
Lavori forestali	0%	1%
Attività industriali	0%	1%
Ricreative	1%	1%
Sigarette e fiammiferi	2%	1%
Linee elettriche	0%	1%
Rifiuti	0%	1%
Altre cause	2%	5%
Non classificabili	16%	1%
Dubbie	34%	45%

⁽¹⁾ Principi di incendio: rientrano in tale categoria tutti gli incendi con superficie percorsa inferiore a 0,5 ha (1 ha prima del 1997) e/o che abbiano richiesto meno di 3 ore di intervento di estinzione e bonifica, con controllo completo del fronte di fiamma entro la prima ora e mezza.

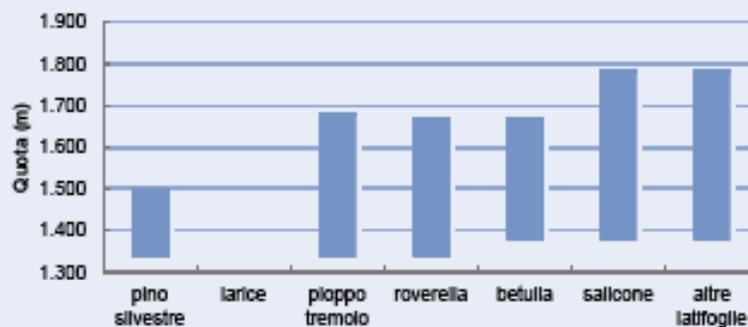
Box 2.1

Gradiente altimetrico nell'incendio di Verrayes (Valle d'Aosta)



Per analizzare il possibile impatto del cambiamento climatico sulla ricostituzione naturale post-incendio è stato utilizzato l'ampio gradiente altitudinale (1.330-1.900 m s.l.m.) dell'incendio di Nus-Verrayes in località Moin. L'incendio, iniziato la sera del 12 marzo 2005, ha percorso 257 ha di cui quasi 230 boscati, mantenendo un comportamento di chioma su 160 ha. La necromassa* residua è stata parzialmente esboscata (Box 2.5). L'obiettivo è stato analizzare l'effetto della quota (che simula le variazioni di temperatura e precipitazione previste dagli scenari di cambiamento climatico) sulla composizione, la densità e l'accrescimento della rinnovazione naturale post-incendio. In particolare, si è ipotizzato

che la rinnovazione di pino silvestre fosse più abbondante alle quote maggiori, dove il bilancio tra precipitazione ed evapotraspirazione è più favorevole. Sono state rilevate 85 aree di saggio secondo una maglia regolare di 100 x 100 m. Contrariamente alle aspettative il pino silvestre, presente solamente nel 5% delle aree rilevate, non si rinnova alle quote più alte, dove invece sono presenti il salicome e altre latifoglie. Più importanti delle differenze termo-pluviometriche si sono rivelati la composizione del bosco prima del disturbo (soprattutto per le specie pollonifere come il pioppo tremolo), la pendenza (che influenza significativamente l'erosività del terreno) e la vicinanza ai bordi del popolamento residuo. Qui, in condizioni di parziale ombreggiamento e indipendentemente dalla quota, la densità dei semenzali di pino può superare 7.000 piante per ettaro. L'insediamento, che avviene di preferenza su suolo nudo o necromassa fine, è iniziato subito dopo l'incendio, ma ha avuto un successo variabile.



Quota minima e massima di insediamento della rinnovazione.

Variabili dendrometriche	Media	Dev.st.*	Min.	Max.
Ceppaie/ha	1.185	740	127	3.692
Area basimetrica ceppaie	34,26	20,27	1,44	114,36
Diametro medio ceppaie (cm)	20,16	6,34	8,50	45,72
Semenzali/ha pino silvestre	181	975	0	7767
Semenzali/ha pioppo tremolo	10.201	22.381	0	94.697
Semenzali/ha altre conifere	7	45	0	382
Semenzali/ha altre latifoglie	1.222	3.188	0	24.701

Tabella 2.5

Magnitudo, frequenza ed estensione degli incendi in Piemonte (1957-2009) e Valle d'Aosta (1986-2010).

	Piemonte	Valle d'Aosta
Frequenza	285 incendi/anno Max. 1990: 908 incendi Min. 1959: 22 incendi	19 incendi/anno Max. 1989: 64 incendi Min. 1999: 4 incendi 89 principi incendio ⁽¹⁾ / anno Max. 1989: 226
Distribuzione	Sup. boscata percorsa: 2.754 ha / anno (0,3%) Max. 1990: 27304 ha (3%) Min. 1959: 159 ha (0,02%) 25% in for. protezione (2001-2009)	Tabella 2.2 Sup. boscata percorsa 97 ha/anno (0,1%) Max. 1990: 752 ha (0,7%) Min. 1999: 2 ha (0,002%) 54% in for. protezione (1986-2010)
Estensione	Sup. media per incendio Boscata: 9,6 ha Max. 1962: 32 ha Min. 1996: 1,4 ha Distribuzione dimensionale (sup. boscata) 13,1% > 10 ha 3,4% > 50 ha Soglia incendio critico ⁽²⁾ : 10 ha	Sup. media per incendio Boscata: 5 ha Max. 1997: 15 ha Min. 2009: 0,1 ha Distribuzione dimensionale (sup. boscata) 10,5% > 10 ha 2,9% > 50 ha Soglia incendio critico ⁽²⁾ : 8 ha
Tempo di ritorno	580 anni	780 anni
Abetine	> 10.000 anni	> 10.000 anni
Castagneti	245 anni	200 anni
Faggete	544 anni	> 10.000 anni
Larici-cembreti	4.000 anni	3.400 anni
Peccete	>10.000 anni	9.338 anni
Pinete	253 anni	477 anni
Querceti	248 anni	186 anni
Magnitudo	Tabella 2.1	
Severità	Tabella 2.7	

⁽¹⁾ Principi di incendio: rientrano in tale categoria tutti gli incendi con superficie percorsa inferiore a 0,5 ha (1 ha prima del 1997) e/o che abbiano richiesto meno di 3 ore di intervento di estinzione e bonifica, con controllo completo del fronte di fiamma entro la prima ora e mezza.

⁽²⁾ Incendio la cui classe dimensionale identifica il 90% della superficie percorsa totale.

ca di questi incendi (la cui gran parte viene estinta prima che possa assumere dimensioni rilevanti) (CESTI e CONEDERA, 2005).

- **Uso del suolo:** per la loro struttura, i boschi di neoformazione sono particolarmente a rischio, specialmente alle quote più basse e su pendenze pronunciate. In diverse regioni dell'Europa meridionale è stata osservata una relazione diretta tra abbandono del territorio rurale, ricolonizzazione arborea e frequenza di incendio (Figura 2.11).

Per ulteriori approfondimenti sui principali fattori predisponenti gli incendi si rimanda a CESTI *et al.* (1995, 2005 e 2011).

2.5 Magnitudo, frequenza ed estensione

Il regime di disturbo naturale sulle Alpi è sconosciuto, anche a causa dell'intenso uso del territorio nei secoli da parte dell'uomo che ha modificato la vegetazione forestale, creato il mosaico agricolo e utilizzato il fuoco per aprire i pascoli. Ricerche paleoecologiche hanno mostrato che nei boschi di conifere della Svizzera il disturbo da incendio, innescato dai fulmini, avveniva con tempo di ritorno compreso tra 200 (Pinete) e 600 anni (Peccete). La Tabella 2.5 fornisce una descrizione quantitativa dei parametri di magnitudo, frequenza ed estensione degli incendi nell'attuale regime di disturbo in Piemonte e Valle d'Aosta.

Nel periodo 1986-2008, la **frequenza** è stata in Piemonte e Valle d'Aosta rispettivamente di 4,7 e 2,5 incendi per 100 km² di superficie boscata, con una percorrenza media annua dello 0,4 e 0,1% (3% massimo in annate sfavorevoli). La percorrenza annua nelle sole foreste di protezione è più bassa, essendo pari allo 0,13-0,17%. Da questi dati si ricava un tempo di ritorno medio di 580 e 780 anni rispettivamente in Piemonte e Valle d'Aosta per tutta la superficie boscata; dai dati suddivisi per categoria forestale (Tabella 2.2) si ricava un tempo di ritorno di 170-250 anni per i Querceti, 190-240 anni per i Castagneti, 250-450 anni per le Pinete, 540 anni per le Faggete (solo in Piemonte), superiore a 3.000 anni per i Lariceti e superiore agli 8.000 anni per le Peccete.

La **superficie media** per incendio è rispettivamente 8 e 5 ha nelle due regioni. La superficie boscata mediana percorsa, che definisce l'incendio "tipo", è di 1,5 ha per il Piemonte nel periodo 1957-2006 e di 0,4 ha per la Valle d'Aosta nel periodo 1987-2006 (per confronto: 1,0 ha in Ticino, 0,1 ha in Vallese nell'ultimo secolo). La soglia caratteristica dei grandi incendi (flesso nella distribuzione cumulativa delle superfici percorse) è rispettivamente di 10 e 8 ha; gli incendi più estesi che hanno interessato alcune migliaia di ettari tra superficie boscata e non boscata (Paesana - Torino: 6.282 ha il 14 febbraio del 1990; Macra - Cuneo: 3.190 ha il 1° marzo del 1990; Donnas - Valle d'Aosta e Quincinetto - Torino: 2.672 ha il 1° gennaio del 1981), hanno generalmente mostrato un comportamento a severità mista. Gli incendi di maggiori dimensioni in Piemonte e Valle d'Aosta sono avvenuti negli anni 1962, 1965, 1981, 1990, 2003 e 2005.

Il **regime stagionale** è di tipo primaverile, con percorrenze massime a marzo in entrambe le regioni; la stagione degli incendi va da dicembre ad aprile con una ripresa estiva a luglio-agosto e con eventuali prolungamenti a settembre. Anomalie climatiche stagionali possono comunque estendere i periodi a elevata frequenza anche all'autunno e all'inverno. Questa stagionalità è tipica di gran parte delle regioni situate a sud dell'arco alpino e più in generale delle aree forestali a intenso sfruttamento antropico. Il numero di incendi è principalmente legato alla distribuzione temporale e geografica delle attività antropiche. Estensione, tempo di ritorno e intensità/severità dipendono invece dall'an-

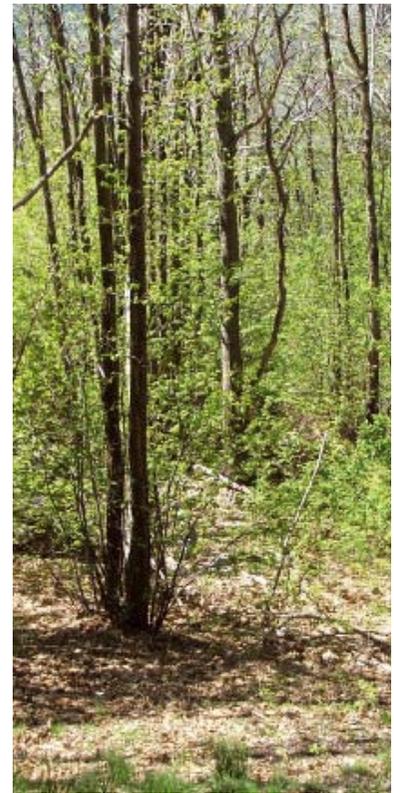


Figura 2.11 Dinamiche successive a un incendio in Castagneto su terrazzi abbandonati (21 gennaio 2005 - Carema, Torino).

damento meteorologico, dalla vegetazione (combustibili) e dalla topografia. In particolare, in coincidenza di inverni miti e scarsamente piovosi e di mesi estivi caratterizzati da ripetute ondate di calore con elevate temperature accompagnate da bassa umidità relativa e da elevata ventosità, si determina lo sviluppo di grandi incendi con notevoli difficoltà nelle operazioni di spegnimento. La stagionalità alle basse quote è legata agli episodi di siccità estiva, mentre nelle aree soggette a föhn primaverile questo è il fattore dominante. Gli incendi causati da fulmine si concentrano infine nella stagione estiva, di preferenza nei boschi di conifere, ma la superficie media percorsa per evento è ridotta e pari a 1,6 ha (per confronto 8,2 ha percorsi in media da incendi con causa colposa o dolosa).

2.6 Effetti ecologici del disturbo

Gli effetti del disturbo da incendio sulle foreste sono caratterizzati da una grandissima variabilità, in relazione al comportamento dell'incendio, all'intensità del fronte di fiamma, alla stagione in cui si verifica, alla categoria forestale colpita e al suo stadio fenologico, alla topografia ecc.. Per descrivere gli effetti di un incendio si possono utilizzare diverse **classi di severità**, in funzione della mortalità del soprassuolo e del consumo degli strati orizzontali di combustibile (Tabella 2.6). In funzione della severità che ricorre con maggior frequenza si possono descrivere tre regimi di incendio:

- regime di **incendio radente** (*understory fire*): incendi non letali per la vegetazione dominante (sopravvivenza 80% o più), struttura del bosco invariata;
- regime di **incendio distruttivo** (*stand-replacing fire*): mortalità del soprassuolo superiore all'80% (diretta e indiretta), sostanziali cambiamenti nella struttura del bosco;
- regime a **severità mista** (*mixed-severity fire*): mortalità selettiva dello strato dominante, a seconda della suscettibilità

Tabella 2.6

Effetti del fuoco associati a diverse classi di severità (RYAN, 2002 modificato).

Classe di severità dell'incendio	Descrizione
Non percorso	Tessuti inalterati, nessun effetto diretto
Scottatura	Tessuti non bruciati ma possibile defogliazione per irradiazione di calore
Leggera	Scottature sui fusti, consumo parziale della lettiera e dello strato erbaceo, orizzonte organico intatto
Moderata (oppure fuoco radente ad alta severità)	Sporadica mortalità arborea senza combustione del fogliame, mortalità totale di erbe e arbusti, consumo della lettiera e dell'orizzonte organico, scottatura dei tronchi a terra
Alta (fuoco di chioma)	Mortalità arborea con combustione della chioma, orizzonte organico e tutti i combustibili di superficie consumati, deposizione di cenere bianca e materiale organico carbonizzato



Figura 2.12 Effetti di un incendio a severità mista in una Faggeta di protezione diretta (Valdieri, Cuneo).

degli individui e delle specie. Alternanza di superfici percorse da incendio radente e di chioma (Figura 2.12).

Gli effetti del fuoco si esercitano a diverse scale temporali, da poche ore a decine o centinaia di anni, come nel caso delle successioni. L'azione diretta del fronte di fiamma comporta il danneggiamento o la morte dei tessuti vegetali, il consumo di sostanza organica e cambiamenti a carico della struttura forestale (densità, distribuzione), della biomassa residua (viva e morta) e delle proprietà fisico-chimiche del suolo (es. una maggiore suscettibilità all'erosione). Gli effetti di secondo ordine si esercitano, in tempi medio-lunghi e a scala più vasta, a carico delle diverse componenti dell'ecosistema: microclima, ciclo dei nutrienti, composizione specifica e accrescimento del bosco, mosaico del paesaggio, habitat e attività della fauna, capacità di regimazione delle acque e deflusso idrico, carico di combustibile e probabilità di nuovi eventi di disturbo.

Il passaggio del fuoco può ridurre, almeno nel breve termine, l'**efficacia della funzione protettiva** nei confronti dei pericoli naturali mediante la riduzione della stabilità degli individui danneggiati, la diminuzione di densità e copertura del bosco, la creazione di aperture, la ridotta intercettazione delle precipitazioni da parte delle chiome distrutte, l'erodibilità del suolo nudo e la maggiore probabilità di movimentazione dei massi, della necromassa e del manto nevoso (Box 2.2).

2.6.1 Danno ai tessuti vegetali e mortalità

I danni ai tessuti consistono prevalentemente in ferite sul tronco e defogliazione causate dal contatto indiretto o diretto con la fiamma (Figura 2.13). La morte dell'albero è spesso il risultato del danneggiamento simultaneo di diversi organi, ad esempio la scottatura parziale della **chioma** combinata a un'elevata mortalità cambiale. Le specie più resistenti (Tabella 2.7) sono

quelle che si accrescono molto in altezza, che hanno spiccata tendenza all'autopotatura e presentano una chioma aperta, che hanno una corteccia ispessita e radici fittonanti (sfuggenti al riscaldamento superficiale e sotterraneo) e la cui lettiera di foglie si decompone rapidamente (originando un minore accumulo di combustibile). In generale le conifere presentano una maggiore infiammabilità rispetto alle latifoglie decidue. Il grado di infiammabilità è comunque influenzato dallo stadio fenologico in cui si trova la pianta: gli apici vegetativi e il cambio sono più facilmente danneggiati durante la stagione vegetativa piuttosto che nello stadio di dormienza.

Box 2.2

Valutazione dell'efficacia protettiva nel Bosco delle Ciuliere (Valdieri, Cuneo)



Il bosco delle Ciuliere è collocato a Ovest-Nord-Ovest rispetto al centro abitato di Valdieri, in una fascia altimetrica compresa tra 850 e 1.750 m s.l.m. Si tratta di un comprensorio di circa 190 ha, dominato dai Castagneti in basso e dalla Faggeta mesotrofica in alto, che svolge un ruolo di protezione diretta nei confronti del distacco di valanghe per l'abitato di Valdieri e la strada provinciale della Valle Gesso. Il bosco è stato interessato da un incendio a severità mista nell'agosto del 2003; il passaggio del fuoco in chioma ha provocato danni ingenti specialmente

nelle Faggete, con mortalità fino al 100%. In queste aree si sono originate importanti aperture, successivamente accentuate dalle operazioni di abbattimento ed esbosco della necromassa con rinnovazione di specie forestali non sempre sufficiente e abbondanza di salicone e rovo. La mortalità del faggio è stata variabile in funzione dell'impatto del fuoco sui fusti, con tempo di sopravvivenza post-incendio molto variabile e mortalità ritardata fino a 7 anni. La ricerca è stata volta ad analizzare l'attitudine protettiva attuale e futura del comprensorio contro il **pericolo di valanghe**. Sono stati analizzati 139 ha, prevalentemente a Faggeta (53% percorsi da incendio). Il comprensorio è stato suddiviso in 39 popolamenti omogenei, in cui sono state compilate le schede di valutazione del ruolo protettivo. I dati sono stati riassunti da un indice sintetico di stabilità, utilizzato per assegnare le priorità di intervento. Escludendo 81 ha del comprensorio non interessati da pericolo di distacco di valanga a causa della scarsa pendenza, l'85% dell'area soggetta al rischio non garantisce più una protezione soddisfacente, a causa della copertura scarsa o nulla nella stagione invernale, della presenza di aperture e dell'elevata quantità di individui con instabilità meccanica. A molte particelle (31%) è stata assegnata un'alta priorità di intervento. L'intervento selvicolturale è consigliato su 85 dei 139 ha presi in considerazione. Nelle aree più instabili sono necessari interventi di **ricostituzione attiva**, affiancati da **opere di stabilizzazione**, con l'obiettivo a medio termine di insediare una copertura preparatoria all'insediamento del faggio. In queste aree non si provvede all'esbosco del materiale morto o instabile che può consolidare il manto nevoso (Vedi Paragrafo 2.7.4.).

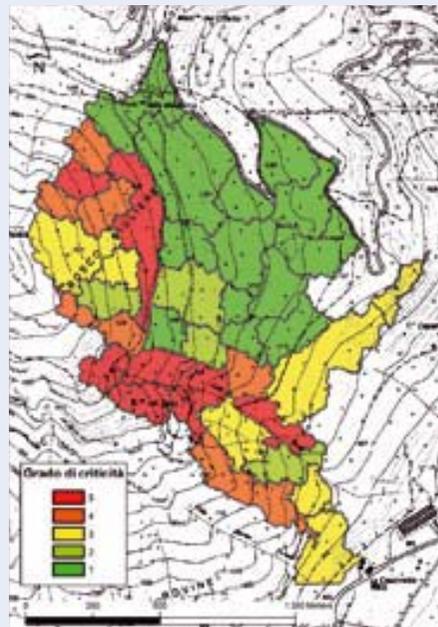


Tabella 2.7

Sensibilità al fuoco di diverse specie forestali (MORETTI e CONEDERA, 2005).

Specie	Sensibilità al fuoco	Osservazioni
Abete bianco	Estremamente sensibile	In caso di incendi frequenti non sopravvive neanche attraverso i semi, in quanto le giovani generazioni non arrivano a maturità sessuale
Aceri	Relativamente sensibili	-
Ontani	Relativamente resistenti	In grado di ricacciare dalla ceppaia
Betulla	Resistente	Soprattutto a partire da uno stadio di sviluppo avanzato, grazie alla corteccia spessa
Castagno	Resistente	In grado di ricacciare dalla ceppaia e, in età avanzata, forma una corteccia spessa. Non sopporta frequenze troppo elevate di incendio
Nocciolo	Resistente	In grado di ricacciare dalla base, ma non sopporta frequenze troppo alte di incendio
Faggio	Sensibile	Boschi puri di faggio riescono a inibire il fronte di fiamma grazie alla lettiera molto compatta; come singola pianta è però estremamente sensibile a causa della corteccia fine
Frassini	Sensibili	-
Querce	Relativamente resistenti	Resistenti grazie alla corteccia spessa e alla capacità di ricacciare dalla ceppaia
Robinia	Resistente	In grado di ricacciare dalle radici; i semi sopravvivono nel terreno
Salici	Relativamente resistenti	In grado di ricacciare dalle radici
Tigli	Molto sensibili	-
Olmi	Molto sensibili	-
Felci (es. <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn)	Resistenza passiva	Perdono la parte aerea ma si rigenerano in massa a partire dai rizomi
Edera, agrifoglio e altre sempreverdi	Molto sensibili	Le parti verdi subiscono lesioni letali e gli individui, soprattutto se giovani, non hanno possibilità di sostituirle

Quando la chioma resta intatta, alberi e arbusti possono morire per eccessivo riscaldamento del **cambio**. L'altezza di fiamma, il tempo di residenza e l'altezza della bruciatura sul fusto sono correlati alla probabilità di morte. Specie con corteccia fine e liscia (per esempio il faggio, i giovani castagni e gli arbusti in generale) subiscono lesioni letali talvolta con mortalità differita (fino a 7 anni nel faggio) e causata da agenti secondari (funghi o insetti), per i quali i danni corticali rappresentano vie di ingresso preferenziali. Piante indebolite da altre cause precedenti all'incendio, come la siccità, sono più sensibili a questo tipo di danno (Vedi Capitolo 8).

Le specie a corteccia spessa (ad esempio le querce, il larice o i vecchi castagni) sopravvivono al passaggio del fuoco radente e la loro mortalità avviene solo in seguito alla distruzione della chioma. Tuttavia, una combustione di lunga residenza (es. quella prodotta da tronchi atterrati, cataste o strati profondi di lettiera) è dannosa anche per il cambio di specie a corteccia resistente.

Le **radici** hanno una corteccia sottile che le rende più sensibili



Figura 2.13 Morte del cambio in seguito a incendio radente in Faggeta (agosto 2003 - Valdieri, Cuneo).



Figura 2.14 Isola verde (12 marzo 2005 - Verrayes, Valle d'Aosta).

al calore rispetto al fusto. L'entità dei danni all'apparato radicale è inversamente proporzionale alla profondità delle radici e alla quantità di materiale organico presente nello strato superficiale del suolo, che ha elevata funzione isolante. La perdita delle radici nutritive è sempre più grave rispetto al danneggiamento di quelle strutturali.

La riduzione della copertura in seguito a un incendio boschivo può essere omogenea su tutta l'area percorsa, oppure riguardare zone discontinue con isole verdi* non interessate dal fronte di fiamma e importanti ai fini della ricostituzione e delle funzioni residue della foresta (Figura 2.14). Questo fatto è influenzato dal vento, dall'orografia, dalla disomogeneità del carico e dalla distribuzione dei combustibili, che possono far variare anche su piccola scala la tipologia di propagazione, l'intensità e il tempo di residenza.

2.6.2 Rinnovazione

Sono resilienti al fuoco le specie in grado di rinnovarsi nonostante il soprassuolo adulto sia stato distrutto dal fuoco. La rinnovazione può avvenire mediante moltiplicazione vegetativa dalle radici o dalle ceppaie (se la capacità pollonifera non è limitata dall'età o da fattori di stress) o dispersione di seme da parte degli individui sopravvissuti e/o dai portaseme circostanti (se la disseminazione non è limitata da età, potenziale riproduttivo, distanza di dispersione e direzione dei venti dominanti). Alcune specie sono dotate di un'unica strategia di rinnovazione; altre possono mettere in atto sia la moltiplicazione vegetativa che la riproduzione gamica. La densità e l'origine della rinnovazione naturale post-incendio dipendono dalla composizione specifica pre-disturbo, dalla severità e dal tipo di incendio (Figura 2.15). La ricostituzione delle latifoglie per **moltiplicazione vegetativa** è rapida e prevale quando l'incendio distrugge gli apici vegetativi di specie polloni-

tere (Figura 2.16), ma è sfavorita se il suolo si è riscaldato al punto tale da danneggiare le ceppaie. Dopo un incendio primaverile le piante sono in grado di ricacciare subito, mentre un incendio che si verifica in tarda estate o al principio dell'inverno lascia il suolo privo di vegetazione fino alla primavera successiva, comportando anche una minore protezione contro l'erosione.

L'interazione tra l'incendio e la disseminazione determina la velocità del processo di **ricostituzione da seme**. Il calore stimola la germinazione dalla banca semi* nel suolo, ma se eccessivo o prolungato (es. incendio sotterraneo) può essere letale, ritardando la rinnovazione di almeno una stagione vegetativa. Gli incendi ad alta severità creano condizioni di suolo minerale, predisponendo il sito alla germinazione del seme disperso dopo il disturbo dalle piante sopravvissute *in situ* o dalle portaseme circostanti, se queste si trovano entro la distanza di disseminazione caratteristica della specie (Figura 3.18). La cenere ricca di nutrienti, la maggiore capacità idrica degli orizzonti minerali rispetto a quelli organici, le maggiori temperature raggiunte in prossimità del suolo annerito, la ridotta competizione erbacea immediatamente dopo l'incendio possono favorire l'insediamento specialmente delle specie eliofile. Il periodo in cui il suolo mantiene questi caratteri favorevoli, insieme alle condizioni climatiche e microstazionali, determina il numero di anni dopo l'incendio entro cui le specie pioniere possono rinnovarsi da seme.

2.6.3 Composizione specifica

Nel lungo termine, gli incendi selezionano la vegetazione, eliminando le specie prive di adeguate difese (attive o passive) e favorendo quelle in grado di adattarsi alle nuove condizioni (Tabella 2.7). L'effetto selettivo del fuoco aumenta in funzione della frequenza e dell'intensità degli incendi. Da un punto di vista della ricchezza specifica, un solo incendio non sembra avere effetti rilevanti. Al contrario, nel caso d'incendi ripetuti e di elevata intensità, il numero di specie aumenta rapidamente 1-3 anni dopo il primo evento. L'aumento temporaneo è dovuto alla presenza di specie eliofile e opportuniste (es. *Epilobium angustifolium* L.), che approfittano delle mutate condizioni di luce e di calore al suolo. Tuttavia, al ripetersi del disturbo, solo le poche specie adattate al fuoco sopravvivono (es. *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn e *Molinia* spp.), con una perdita di ricchezza specifica che permane per molti anni dopo il passaggio dell'ultimo incendio.

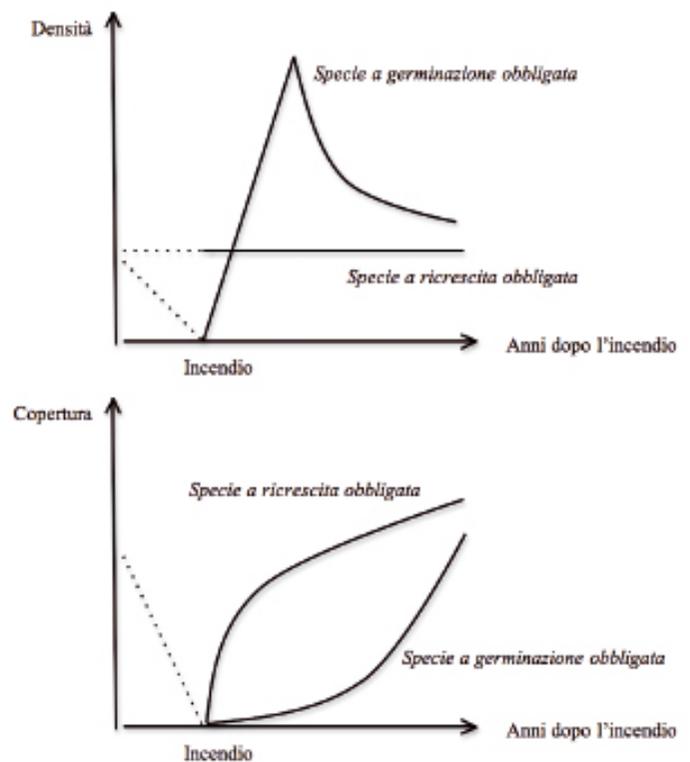


Figura 2.15 Evoluzione della frequenza e della copertura esercitata da specie a germinazione obbligata (seme) e a ricrescita obbligata (polloni) nei primi anni dopo l'incendio (KEELEY 1986 modificato).



Figura 2.16 A sinistra ricacci di roverella, maggiociondolo, salicone e pioppo tremolo (3 marzo 2000 - Mompantero, Torino). A destra polloni radicali di pioppo tremolo (12 marzo 2005 - Verrayes, Valle d'Aosta).

2.6.4 Effetti sul suolo

Il tempo di residenza e l'intensità dell'incendio influenzano la **temperatura** alla superficie del suolo, che può raggiungere valori superiori a 200°C. La temperatura degli orizzonti inferiori dipende invece dalla conducibilità termica del suolo, che diminuisce rapidamente con la profondità. Anche le conseguenze dell'incendio a lungo periodo implicano un innalzamento della temperatura del suolo grazie alla diminuzione dell'albedo, il maggior assorbimento di energia solare e la riduzione dell'orizzonte organico superficiale, che facilita il trasferimento di calore allo strato minerale sottostante fino a 20 cm di profondità. Soprattutto in suoli a tessitura grossolana, gran parte della **capacità idrica** del suolo è dovuta alla sostanza organica. Se essa viene compromessa, il suolo tende a diventare più arido. L'incendio aumenta anche le perdite per evaporazione in seguito alla rimozione della lettiera. La demolizione termica degli acidi organici e l'accumulo delle ceneri alcaline risultano in un transitorio aumento del **pH del suolo**. La crescita della vegetazione erbacea e arbustiva post-incendio favorisce il ritorno verso gli originali livelli di acidità, riducendo la lisciviazione e attivando la circolazione dei nutrienti. Il rilascio di residui minerali presenti nelle ceneri prodotte dalla combustione determina una variazione dei nutrienti disponibili per le piante, in particolare un aumento del carbonio, del potassio e del fosforo (che può favorire la rinnovazione naturale). La volatilizzazione della sostanza organica e la successiva condensazione di idrocarburi causano la formazione di uno **strato idrorepellente**, che riduce la possibilità di percolazione in profondità dell'acqua. Si innescano così processi di erosione dovuti ad un aumento dello scorrimento superficiale delle acque (Figura 2.17), con conseguenze pericolose in seguito a eventi che interessino interi versanti o bacini imbriferi. La riduzione della copertura vegetale contribuisce ulteriormente a favorire i processi erosivi.



Figura 2.17 Erosione superficiale in seguito a incendio di chioma (10 agosto 2006 - Menfrey, Verrayes, Valle d'Aosta).

2.7 Indirizzi gestionali

Per una trattazione completa della gestione integrata degli incendi boschivi (analisi del rischio, monitoraggio, prevenzione, lotta attiva e ricostituzione) si rimanda ai piani regionali antincendi boschivi elaborati ai sensi della L. 353/2000 per Piemonte (2011-2014) e Valle d'Aosta (2005-2010). Nelle foreste di protezione diretta a rischio di incendio, gli indirizzi gestionali devono prevedere la gestione del combustibile (in modo da prevenire o mitigare l'impatto dell'incendio), la ricostituzione post-disturbo di una copertura forestale efficace dal punto di vista della protezione dai pericoli naturali e la gestione della necromassa residua.

2.7.1 Zonizzazione del rischio

La zonizzazione del rischio di incendio è effettuata attraverso la definizione di classi di rischio per comune o area di base* (Figura 2.5), derivanti dai dati statistici relativi alle serie storiche dell'area considerata (es. numero di incendi, incendi di grandi dimensioni, superfici percorse, superficie media percorsa per incendio). Sono in fase di calibrazione simulatori empirici di comportamento del fuoco (es. BehavePlus, Farsite), capaci di prevedere nel breve periodo il comportamento di un singolo evento in funzione dei parametri climatici, vegetazionali, topografici e dell'eventuale intervento di estinzione, e simulatori di dinamiche del paesaggio su vasta scala (es. LANDIS). Le tecniche di simulazione potranno risultare utili nell'individuare le aree più sensibili e nell'elaborare scenari relativi all'effetto di differenti strategie gestionali di prevenzione.

Il pericolo d'incendio esprime le caratteristiche dei potenziali incendi che si potranno verificare nell'arco di 2-3 giorni in una determinata area sulla base dei principali parametri meteorologici. In Piemonte e Valle d'Aosta si calcola giornalmente un indice di pericolo basato sul sistema canadese (Fire Weather Index*) che ha dato buoni risultati applicativi in ambito alpino.

Date le particolarità meteorologiche dei territori alpini si è resa necessaria una rete di rilevamento molto estesa e attualmente si calcolano indici per 72 stazioni in Piemonte e per 26 stazioni in Valle d'Aosta. Sono in corso studi e collaborazioni fra Piemonte e Valle d'Aosta per l'applicazione della previsione nel calcolo dell'indice a livello locale.

2.7.2 Misure preventive

La prevenzione selvicolturale ha l'obiettivo di aumentare la resistenza dei popolamenti al passaggio del fronte di fiamma e limitare l'intensità dell'incendio riducendo la biomassa bruciabile, in modo uniforme o selettivo. Nelle foreste di protezione diretta si suggeriscono alcuni indirizzi generali, da valutare caso per caso anche in relazione alle limitazioni stazionali (es. elevate pendenze, erosione superficiale più o meno incanalata, presenza di nicchie di distacco, suoli superficiali) e alle esigenze di copertura, densità e struttura richieste dal pericolo naturale, come indicato nel manuale di Selvicoltura in foreste di protezione (2006):

- **conversione del ceduo** in alto fusto per ridurre la continuità verticale dei combustibili (es. in Castagneti o Faggete). La conversione può non essere possibile per il pericolo che il maggior peso del soprassuolo inneschi scivolamenti superficiali in versanti soggetti a questo rischio. Inoltre, se il ceduo mantiene la capacità pollonifera, rappresenta una forma di governo più resiliente al passaggio del fuoco rispetto all'alto fusto, sebbene meno resistente;
- **diradamento delle fustaie**, in particolare di origine artificiale a densità colma. La copertura può essere ridotta al 75% rispetto a quella iniziale, con il doppio obiettivo di interrompere la continuità delle chiome e limitare al tempo stesso lo sviluppo dello strato arbustivo, rispettando le specifiche strutturali richieste per la protezione dai pericoli naturali, in particolare per la caduta massi. Per essere efficaci, i diradamenti andrebbero effettuati, soprattutto in rimboschimenti coetanei di abete rosso, prima che le chiome siano concentrate nel terzo superiore del fusto e questo presenti un elevato coefficiente di snellezza. I diradamenti selettivi sono più efficaci nell'interrompere la continuità delle chiome, quelli dal basso nel ridurre la continuità verticale dei combustibili (rami bassi o individui dominati);
- **la ramaglia e il materiale di risulta** dei diradamenti e delle altre operazioni selvicolturali devono essere asportati se possibile (es. per cippato), oppure distrutti con il fuoco, o in alternativa sparsi sul sito evitando accumuli specialmente alla base dei fusti. In caso di incendio, lo spargimento uniforme della ramaglia può aumentare il carico di combustibile radente, quindi è da evitare in popolamenti con specie poco resistenti a questo tipo di disturbo (es. Faggete);
- **rilasciare gli individui di dimensioni maggiori** in occasione di diradamenti o tagli di utilizzazione. Gli alberi più grandi e

vecchi sono più resistenti al fuoco per il maggiore diametro, lo spessore della corteccia e la chioma alta;

- aumento del grado di **mescolanza specifica** al fine di aumentare la possibilità di resistenza-resilienza delle cenosi;
- nei **lavori di impianto** utilizzare il più possibile specie meno favorevoli a una veloce e violenta propagazione del fuoco, unitamente a una maggiore resistenza o sopravvivenza durante e dopo il passaggio degli incendi (Figura 2.18). In aree soggette a pericoli naturali, la ricostituzione attiva tramite impianto deve essere accompagnata da opere accessorie per proteggere i semenzali dallo scivolamento della neve (cavalletti fermaneve), dalla caduta massi (tronchi trasversali) o dal brucamento (protezioni individuali o recinzioni).

Gli interventi tradizionalmente previsti per la riduzione del combustibile (es. sfolli, spalcatore fino a 5 m di altezza, decespugliamenti e ripuliture in fasce di 10 m lateralmente ai sentieri) devono essere effettuati nel rispetto delle prescrizioni relative al pericolo naturale da cui la foresta protegge, evitando ad esempio di creare aperture nel senso della massima pendenza. Inoltre, questi interventi non sono applicabili diffusamente su pendenze elevate come quelle offerte dalle foreste di protezione diretta. Alcuni degli interventi selvicolturali mirati ad aumentare l'efficacia protettiva hanno un effetto positivo anche ai fini della resistenza al fuoco del popolamento (es. tessitura meno uniforme e più a gruppi, selezione positiva di specie a corteccia spessa e con buona radicazione), mentre altri sono in aperto conflitto con questo obiettivo (es. mantenimento di alte densità, chiome inserite in basso sul fusto, assenza di aperture).

In ogni caso, tutti gli interventi sono poco o per nulla efficaci se non sono accompagnati da misure atte a prevenire la diffusione di un incendio di chioma proveniente da altre parti del comprensorio. Molto efficace, sebbene costosa, può essere una **distribuzione strategica dei viali tagliafuoco** in prossimità delle foreste di protezione diretta di particolare importanza o delle zone dove si è intervenuti per ricostituire la funzionalità protettiva, qualora sia forte il rischio di incendio. L'applicazione del **fuoco prescritto** (Box 2.3), ove la situazione lo consenta, può ridurre i costi di realizzazione e manutenzione dei viali. La pianificazione degli interventi e l'attribuzione delle priorità deve basarsi sulla zonizzazione del pericolo e sulla valutazione costi-benefici secondo l'approccio del danno evitato. Nelle foreste di protezione a elevato rischio di incendio, è infine necessario conoscere, ed eventualmente integrare in sede di progettazione, la situazione sul terreno relativa ai punti di approvvigionamento idrico, alla viabilità forestale e alle piazzole per gli eventuali mezzi aerei.

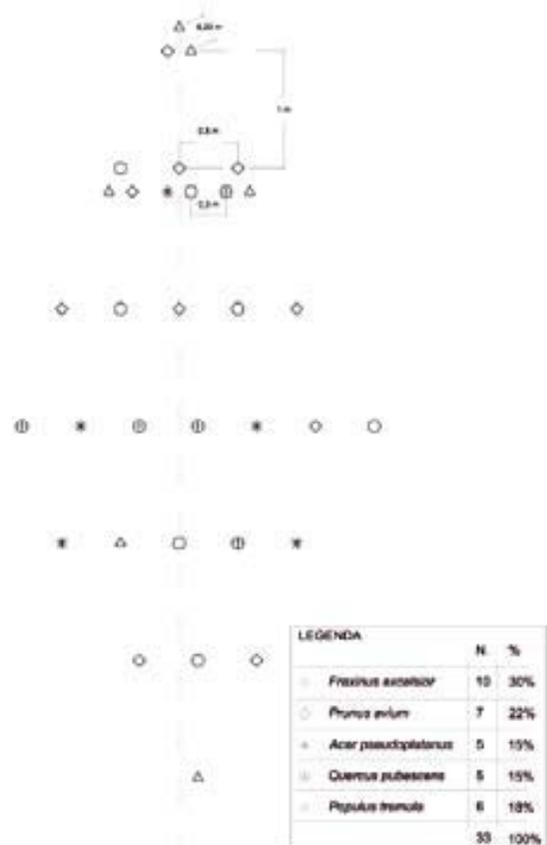


Figura 2.18 Schema di impianto per microcollettivi in una foresta di protezione diretta dalle valanghe a Valdieri (Cuneo) (progetto: M.Allocco, Seacoop S.r.l.).

Box 2.3

Il fuoco prescritto^(*)

Il fuoco prescritto è la tecnica di applicazione esperta e autorizzata del fuoco su superfici prestabilite, al fine di conseguire specifici obiettivi gestionali previsti dalla pianificazione antincendi boschivi. Il fuoco prescritto viene applicato con diversi obiettivi gestionali; per il presente manuale gli obiettivi di principale interesse sono relativi alla prevenzione degli incendi boschivi. La prevenzione si consegue mediante la riduzione periodica del carico e della continuità orizzontale e verticale dei combustibili forestali, con particolare riferimento ad aree strategiche individuate dalla pianificazione. Queste possono comprendere ad esempio viali tagliafuoco attivi verdi, fasce parafuoco in formazioni erbacee e

basso-arbustive lungo il limite del bosco, compartimentazioni in rimboschimenti di conifere (pino nero). Altre zone di possibile applicazione sono le Pinete di pino silvestre, qualora sussistano le condizioni adatte (assenza di nuclei di rinnovazione o chiome basse con maggior pericolo di passaggio in chioma, pendenze modeste), e le zone di interfaccia urbano-rurale* o tra il bosco e i pascoli attivi o abbandonati, in cui si verificano molte accensioni. In molte regioni l'autorizzazione all'uso del fuoco prescritto viene disciplinata dal Piano Regionale Anti Incendi Boschivi e dalle leggi regionali antincendi (es. in Piemonte la L.R. 16/94, art. 9). Essendo possibile trarre indicazioni da applicazioni sperimentali di fuoco prescritto realizzate in Piemonte, si indicano le prescrizioni per la progettazione di trattamenti di fuoco prescritto per la riduzione del carico di combustibile in formazioni erbacee e arbustive e in rimboschimenti di conifere. In generale, per applicazioni di fuoco prescritto al di fuori dei tipi di vegetazione sopraindicati è opportuno non allontanarsi dalle seguenti indicazioni:

- operare in riposo vegetativo;
- operare con velocità di vento compresa tra 3 km/h e 15 km/h;
- operare con temperatura dell'aria tra i - 2 °C e i + 10 °C;
- operare con umidità dell'aria tra il 30% e il 70%;
- operare con umidità del combustibile morto tra il 10% e il 30%;

**Vegetazione erbacea e basso-arbustiva (es. zone di interfaccia).
Obiettivo: riduzione 80% copertura.**

	Min	Max	Ottimo
Stagione	settembre	marzo	dicembre - gennaio
Frequenza (anni)	3	8	4 - 5
Velocità vento (km/h)	1	15	6 - 7
Temperatura aria (°C)	-2	10	5 - 8
Umidità aria (%)	30	70	40 - 50
N° giorni senza pioggia	2	15	5 - 10
Umidità combustibile fine (%)	10	35	15 - 25
Velocità fronte di fiamma (m/min)	0,5	8	3 - 5
Intensità (kW/m)	500	1.500	800 - 1.000
Tecniche di accensione	Controvento - Contropendenza - A strisce parallele		

^(*) Contributo realizzato da D. Ascoli e G. Bovio, Dip. Agro.Selvi.Ter., Università degli Studi di Torino.

- non superare i 500 kW/m;
- non operare su pendenza superiore al 30% con fiamma ascendente;
- programmare una riduzione di biomassa bruciabile fine di almeno il 50%;
- non operare in foreste di protezione diretta soggette a caduta massi.

Ricerche sperimentali indicano che la mortalità del pino silvestre in seguito a fuoco prescritto è dell'81% per i diametri inferiori a 10 cm, del 14% nella classe 10-20 cm e inferiore al 10% nelle classi dimensionali successive (1% per i diametri tra 40 e 50 cm).

Rimboschimenti di conifere (es. pino nero). Obiettivo: riduzione del carico di combustibile 70% lettiera; 40% strato di fermentazione.

	Min	Max	Ottimo
Stagione	ottobre	febbraio	dicembre – gennaio
Frequenza (anni)	3	10	5 – 6
Velocità vento (km/h)	1	10	4 – 5
Temperatura aria (°C)	2	12	6 – 10
Umidità aria (%)	25	60	35 – 50
N° giorni senza pioggia	2	15	4 – 12
Umidità combustibile fine (%)	12	45	15 – 20
Velocità fronte di fiamma (m/min)	0,1	2	0,2 – 0,4
Intensità (kW/m)	30	150	70 – 80
Tecniche di accensione	Controvento – Contropendenza		

2.7.3 Ricostituzione post-disturbo

La ricostituzione è il processo di successione secondaria che avviene in soprassuoli danneggiati, totalmente o parzialmente, da un evento catastrofico. I modi e i tempi della ricostituzione dipendono dal tipo di incendio, dal comportamento del fuoco e dagli effetti che il passaggio del fronte di fiamma causa sulla vegetazione, oltre che dalle condizioni edafiche, climatiche e stagionali. Dopo un incendio di bassa intensità la vegetazione si ricostituisce spontaneamente (**ricostituzione passiva**) in un tempo relativamente breve, a partire dalle specie erbacee e da quelle più resilienti (iniziando dalle pirofite). In seguito a incendi più intensi e in presenza di rinnovazione obbligata da seme, la ricostituzione avviene in tempi inversamente proporzionali alla superficie colpita, a seconda della massima distanza di disseminazione delle piante non danneggiate lungo il perimetro della zona percorsa dal fuoco (Box 2.4). La **ricostituzione attiva**, intesa come ripristino assistito dell'ecosistema e della sua funzionalità (anche con specie diverse), ha come obiettivi principali:

- ristabilire nel più breve tempo possibile l'efficacia della foresta (in questo caso nei confronti dei pericoli naturali);
- modificare la composizione e la struttura del popolamento

per renderlo meno infiammabile a un ulteriore passaggio del fuoco;

- evitare i processi di degradazione che risultano o sono aggravati dall'incendio avvenuto.

Se il soprassuolo è stato danneggiato solo in parte, la ricostituzione è effettuata, nei cedui, con il rinvigorimento delle ceppaie mediante ripuliture forti. Per le piante non dotate di buona capacità pollonifera e per le fustaie è necessario valutare la funzionalità degli individui sopravvissuti o parzialmente danneggiati, che possono fornire seme o ombreggiamento alla rinnovazione negli anni seguenti l'incendio, o garantire lo svolgimento della funzione di protezione diretta per un certo tempo. Ove necessario (es. per mitigare a medio termine il pericolo di valanghe o l'erosione del suolo) si procede a colmare i vuoti formati in seguito al passaggio del fuoco mediante rinnovazione artificiale (per semina o trapianto, a seconda delle condizioni stagionali).

Se, invece, il soprassuolo è stato totalmente danneggiato dal passaggio del fuoco, la gestione tradizionale ha previsto in passato di esboscare la necromassa e le piante morte o danneggiate e provvedere al rimboschimento della superficie bruciata. Fino a qualche decennio or sono, il ripristino veniva effettuato per mezzo di impianti di conifere pioniere, anche non autoctone. Più recentemente, si è manifestata la tendenza a utilizzare specie autoctone, sia arboree che arbustive, dotate di maggiore capacità di affermarsi in condizioni ambientali estreme (es. impianto misto di conifere resistenti e latifoglie resilienti come il pioppo tremolo, la roverella o la betulla), eventualmente abbinata alla semina di emergenza per ottenere una protezione immediata del suolo su giaciture sfavorevoli.

Per quanto riguarda il ricorso alla ricostituzione attiva, in foreste di protezione diretta sono da valutare la durata prevista degli effetti sfavorevoli dell'incendio (es. assenza di copertura) e i tempi probabili di ricostituzione della copertura vegetale, sfruttando anche l'eventuale necromassa presente sul sito per provvedere a una mitigazione* temporanea del pericolo naturale. Tenendo conto delle limitazioni alla rinnovazione naturale da seme (Paragrafo 2.7.4) o da pollone (Paragrafo 2.6), i tempi della ricostituzione arborea vanno valutati in base alle seguenti caratteristiche:

- composizione specifica;
- quota ed esposizione;
- tipo di suolo e disponibilità idrica;
- parametri climatici (precipitazioni, siccità) negli anni successivi all'incendio;
- innevamento;
- disturbi al suolo (erosione, movimenti della neve);
- annate di pascione;
- distanza delle piante portaseme;
- competizione della vegetazione erbacea o invasiva (es. rovo).

Quando la ricostituzione passiva tarda a verificarsi (oltre i 5

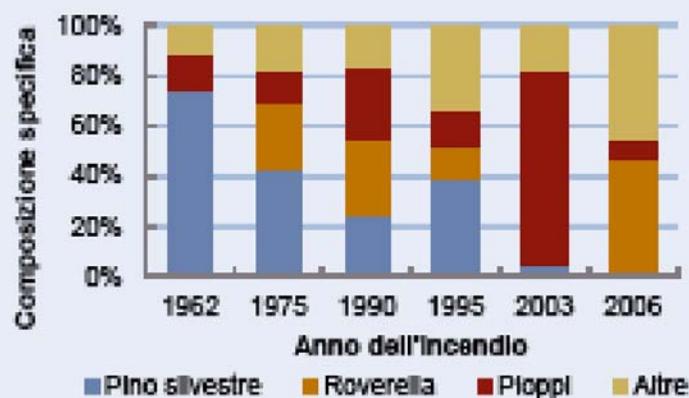
Box 2.4

Cronosequenza di incendi in Pinete di pino silvestre in Valle d'Aosta



Per analizzare la velocità e le caratteristiche del processo di ricostituzione naturale post-incendio, è stata individuata una cronosequenza di 6 aree percorse da incendi di chioma distruttivi in tempi diversi, a partire dal 1962 e a intervalli variabili di 3-15 anni. I popolamenti scelti sono simili per stazione (versanti Sud della valle centrale nei comuni di Verrayes, Saint-Denis e Saint-Vincent), quota (1.200-1.400 m s.l.m.), esposizione (Sud, Sud-Est o Sud-Ovest), categoria forestale (Pinete di pino silvestre) e trattamento post-incendio (esbosco delle piante bruciate senza rimboschimento).

Per ciascun incendio sono stati acquisiti e digitalizzati i poligoni relativi al passaggio di fuoco di chioma e interessati dal successivo esbosco del soprassuolo bruciato. Ogni poligono è stato suddiviso in una maglia regolare (25 x 25 m) di aree di saggio circolari (raggio: 5 m) per il monitoraggio della copertura del suolo, delle piante adulte, della necromassa e della rinnovazione (composizione specifica, densità, altezza ed età). Dopo il ricaccio delle specie pollonifere nei primi anni (pioppo, roverella o altre latifoglie), il pino silvestre ritorna a rappresentare almeno il 40% della rinnovazione 10-15 anni dopo l'incendio. Il suolo nudo si riduce al 6% della superficie già 7 anni dopo l'incendio (4 anni dopo il disturbo era ancora il 26%), mentre la copertura arborea aumenta stabilmente: 20% dopo 4 anni, 30% dopo 7 anni, 40% dopo 20 anni da parte della rinnovazione (diametro a petto d'uomo < 7,5 cm), 45% e 55% da parte dello strato adulto rispettivamente dopo 35 e 40 anni dall'incendio.



anni), è probabile che uno o più di questi fattori sia sfavorevole. Se si prevede che il fattore sfavorevole sia di natura temporanea, se si nota la presenza della rinnovazione naturale nelle microstazioni migliori (es. al bordo del bosco non distrutto o nelle zone più fresche), se non sussistono urgenze legate al pericolo naturale o alla fruizione turistica del bosco e se la successione è avviata verso specie arbustive o arboree che garantiscono comunque la funzione di protezione diretta (es. grazie ai polloni delle latifoglie), è consigliabile provvedere a opere di mitigazione temporanea del pericolo naturale e attendere l'insediamento della rinnovazione naturale.

2.7.4 Gestione della necromassa

I costi elevati e lo scarso successo della rinnovazione artificiale hanno spesso messo in discussione l'efficacia degli interventi di abbattimento ed esbosco della necromassa (Box 2.5) e ricosti-

Box 2.5

Monitoraggio di lungo periodo delle dinamiche di ricostituzione post-incendio^(*)



Lo studio si propone di analizzare mediante un approccio di lungo periodo i processi di ricostituzione naturale in popolamenti di pino silvestre interessati da un incendio di tipo *stand-replacing* (mortalità totale del soprassuolo), verificando quali parametri topografici e ambientali possano favorire l'insediamento e la sopravvivenza della rinnovazione, anche al fine di individuare le modalità di gestione post-incendio più efficaci. L'indagine è condotta nel comune di Verrayes (Valle d'Aosta), in località Bourra, area interessata nel marzo 2005 da un incendio di chioma di elevata severità, che ha percorso una superficie di 257 ha. L'incendio ha provocato la morte del soprassuolo forestale, caratterizzato in prevalenza da un popolamento pressoché monospecifico di pino silvestre, su una superficie di 160 ha. A seguito dell'evento quattro aree di monitoraggio di lungo periodo sono state insediate all'interno dell'area percorsa. Ciascuna è caratterizzata da un diverso trattamento, ovvero

^(*) Coordinamento scientifico attività di ricerca: Raffaella Marzano e Matteo Garbarino (Dip. Agro.Selvi.Ter, Università degli Studi di Torino), Emanuele Lingua (Dip. Tesaf, Università degli Studi di Padova)

tipologia di intervento post-incendio: (A) abbattimento della necromassa e rilascio della ramaglia accatastata (superficie di 4,2 ha; anno di intervento 2007); (B) abbattimento (altezza taglio = 1 m), sramatura e rilascio di tutta la necromassa, con disposizione dei fusti sul terreno a spina di pesce e a 45° rispetto alla linea di massima pendenza, (superficie di 1,14 ha; anno di intervento 2009); (C) abbattimento (altezza di taglio prossima al suolo), senza sramatura, con rilascio di tutta la necromassa e collocazione a spina di pesce sul letto di caduta e a 45° rispetto alla linea di massima pendenza (superficie di 1,27 ha; anno di intervento 2009); (D) nessun intervento per controllo (superficie di 3,16 ha). In circa 5 ha dei quasi 10 totali interessati dallo studio si è eseguito il cavallettamento totale (diametro a petto d'uomo > 5 cm) dei fusti morti in piedi e a terra, con rilievo dei relativi principali parametri dendrometrici e delle coordinate. I fusti presenti nell'area D sono stati inoltre identificati in modo permanente tramite etichette numerate. Sono state individuate in modo casuale 60 aree di saggio circolari di 6 m di raggio all'interno dei diversi trattamenti (A = 20; B = 10; C = 10; D = 20). Parallelamente si sono analizzati oltre 360 micrositi (20 x 20 cm) caratterizzati dalla presenza di rinnovazione e altrettanti micrositi limitrofi sprovvisti di rinnovazione, allo scopo di individuare le condizioni microstazionali più favorevoli all'insediamento dei semenzali. Tutti i rilievi sono stati georiferiti (precisione < 1 m) in modo da permettere il monitoraggio dell'evoluzione futura sugli stessi punti. Dall'analisi dei dati rilevati si evince come gli individui di rinnovazione siano presenti in numero esiguo all'interno di tutti i trattamenti (densità media inferiore a 1.000 individui/ha), con una netta predominanza, in termini di densità, della **rinnovazione agamica** (polloni) rispetto a quella originata da seme. Il pioppo tremolo costituisce in particolare la specie maggiormente rappresentata e manifesta un comportamento nettamente differenziabile rispetto a tutte le altre specie, non correlabile alle variabili analizzate (sia stazionali che relative agli interventi effettuati) e spiegabile in relazione alla principale strategia di ricostituzione (riproduzione vegetativa) messa in atto. Si è quindi evidenziato come la rinnovazione da seme tenda a insediarsi laddove vi sia una maggiore quantità di necromassa in piedi o a terra, mentre un comportamento opposto è stato evidenziato nelle zone con maggiore presenza di suolo nudo. Tale risultato è confermato anche dall'analisi delle condizioni microstazionali, che mostra come più del 65% della rinnovazione si sia insediata a meno di un metro di distanza da un elemento di necromassa. Il pino silvestre in particolare conferma questa correlazione con la necromassa, che potrebbe quindi avere svolto un ruolo di facilitazione nei confronti della rinnovazione. È stato appurato come la presenza di necromassa possa aumentare in modo significativo (fino a circa 4 volte) la probabilità di insediamento e sopravvivenza dei semenzali. Pur non essendo stato possibile riscontrare ad oggi un effetto diretto dei trattamenti (considerato anche il poco tempo trascorso dall'esecuzione degli interventi) sulla rinnovazione, è tuttavia evidente come una maggiore disponibilità di elementi di necromassa possa favorirne la presenza. Tutto questo lascia presagire nel medio-lungo termine un potenziale effetto dei diversi trattamenti caratterizzato da una maggiore efficacia di quanti prevedono il rilascio di necromassa. Si è inoltre evidenziato come l'effetto positivo della presenza di necromassa si espliciti anche nel favorire una maggiore diversità specifica e strutturale della rinnovazione. Ulteriori approfondimenti sono in corso in relazione alle caratteristiche stazionali ed edafiche dei micrositi, alle dinamiche di espansione del pioppo tremolo, alla definizione del carico di combustibile legnoso a terra nei diversi trattamenti.

tuzione attiva (Box 2.6). La rimozione della necromassa dal sito danneggiato aumenta i costi di intervento e può avere un impatto negativo sulla rinnovazione esistente (se effettuata in ritardo). Invece, se lasciata *in situ*, la necromassa, oltre a produrre benefici generali per l'ecosistema (ciclo dei nutrienti, habitat per la microfauna, maggiore ritenuta idrica), può essere utilizzata per:

- promuovere attivamente il consolidamento del pendio mantenendo le ceppaie alte e disponendo i tronchi perpendicolarmente o diagonalmente rispetto alla massima pendenza per operare il rallentamento dei massi, la trattenuta del manto nevoso e la protezione dall'erosione del suolo (Figura 2.19);
- assicurare microstazioni favorevoli alla rinnovazione, soprat-



Figura 2.19 Utilizzo della necromassa bruciata per la mitigazione dei pericoli naturali (17 marzo 1997 - Morgex, Valle d'Aosta).



Figura 2.20 Rinnovazione naturale di pino silvestre insediatasi all'ombra di un albero morto in piedi (12 marzo 2005 - Verrayes, Valle d'Aosta).

tutto in stazioni secche (Figura 2.20) o per specie sciafile (Figura 2.21);

- proteggere i semenzali dal brucamento da parte degli ungulati selvatici (Vedi Box 3.3).

Spesso, in questo caso, l'intervento si può quindi limitare a mettere in sicurezza la necromassa esistente e sistemarla sul terreno, in modo da valorizzarne la funzione protettiva e lasciare spazio all'eventuale rinnovazione artificiale. Le uniche controindicazioni al rilascio di necromassa riguardano la fruibilità turistica e la valenza paesaggistica della foresta, ma un'adeguata informazione al pubblico può gradualmente mitigare tali problematiche. Inoltre l'aumento del carico di combustibile nelle classi diametriche maggiori, proprio dei primi decenni seguenti all'incendio, può creare problemi nell'estinzione di eventuali nuovi incendi nell'area

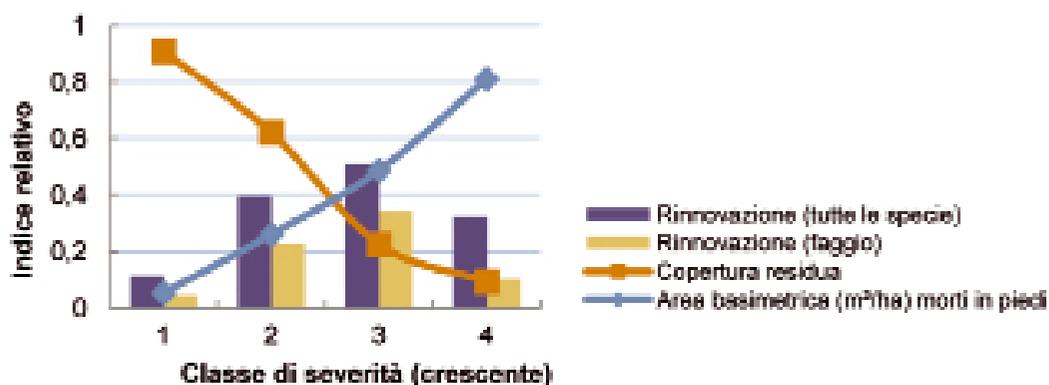


Figura 2.21 Densità della rinnovazione naturale (di tutte le specie e di faggio) in funzione della severità 5 anni dopo un incendio di chioma (Valdieri, Cuneo).

Box 2.6

Ricostituzione attiva e ricostituzione passiva a seguito di incendi di chioma di elevata severità^(*)



La ricerca ha analizzato l'impatto di differenti pratiche di gestione post-disturbo allo scopo di definire quale approccio fosse più appropriato per la ricostituzione di un popolamento di pino silvestre percorso da un incendio di chioma di elevata severità. L'area di studio, situata tra i comuni di Saint-Denis e Verrayes (Valle d'Aosta) a quote comprese tra 1.135 e 1.480 m s.l.m., è stata interessata il 4 settembre 1995 da un incendio di chioma attivo (superficie totale = 52 ha). Parte dell'area percorsa dal fuoco (circa 15 ha) è stata oggetto, a partire dal 1999, di un progetto sperimentale di ricostituzione post-incendio, che è consistito nell'abbattimento ed esbosco degli individui morti o deperienti, seguito da rimboschimento artificiale con diverse specie (sia conifere che latifoglie) e modalità di impianto. Aree di saggio quadrate di 10 x 10 m (totale = 92) sono state localizzate in modo casuale all'interno del perimetro dell'incendio per rilevare i principali parametri dendrometrici e la posizione (x,y) della rinnovazione naturale e di quella artificiale (laddove presente), nonché le caratteristiche stazionali e di copertura del suolo. Le aree di saggio sono state stratificate secondo un gradiente di severità crescente dell'intervento post-disturbo: 1 - nessun intervento; 2 - abbattimento ed esbosco della necromassa; 3 - abbattimento ed esbosco seguito da rimboschimento con latifoglie; 4 - abbattimento ed esbosco seguito da rimboschimento con larice; 5 - abbattimento ed esbosco seguito da rimboschimento con pino silvestre o douglasia. Il rimboschimento artificiale evidenzia **criticità rilevanti**; l'utilizzo di *shelter* e dischi pacciamanti ha, ad esempio, fortemente condizionato la sopravvivenza delle piante messe a dimora. La mortalità della rinnovazione artificiale è risultata elevata per le latifoglie e per il larice, contenuta per le conifere sempreverdi (36%, 32% e 4% rispettivamente). La rinnovazione naturale (densità media 1.551 individui/ha; specie dominanti pino silvestre e pioppo tremolo) è risultata particolarmente abbondante nelle aree in cui non è stato effettuato alcun intervento (1), seguita dai rimboschimenti con latifoglie e larice (3; 4), in cui le chiome leggere e l'elevata mortalità post-impianto possono avere determinato una minore competizione a carico della rinnovazione naturale. Le aree sottoposte ad abbattimento ed esbosco della necromassa (2) mostrano le minori densità di rinnovazione e un **denso strato erbaceo**. Una maggiore diversità specifica e strutturale della rinnovazione naturale è stata inoltre riscontrata nella zona a evoluzione naturale (1) rispetto alle aree interessate da abbattimento ed esbosco della necromassa e rimboschimento (2; 3; 4; 5). Il **marginale del bosco** non percorso ha influito positivamente sull'insediamento della rinnovazione naturale, con un effetto inversamente proporzionale alla distanza dai portaseme. Le analisi spaziali effettuate hanno dimostrato come la rinnovazione naturale tenda a disporsi a gruppi; il rimboschimento con sesto d'impianto regolare non appare dunque la soluzione progettuale più indicata per il contesto analizzato. Esiste inoltre una tendenza della rinnovazione naturale a insediarsi a Nord delle ceppaie, probabilmente in relazione alle condizioni di maggiore ombreggiamento e umidità, evidenziando quindi un effetto positivo della necromassa sulla sopravvivenza dei semenzali. Come riscontrato in studi simili, nell'area non soggetta a intervento l'abbondanza di necromassa al suolo e i tronchi morti in piedi possono aver contribuito a creare **micrositi favorevoli** all'insediamento della rinnovazione, determinando condizioni microclimatiche più stabili in relazione all'elevata insolazione e al limitato apporto pluviometrico della stazione.

^(*) Coordinamento scientifico attività di ricerca: Raffaella Marzano e Matteo Garbarino (Dip. Agro.Selvi.Ter, Università degli Studi di Torino), Emanuele Lingua (Dip.Tesaf, Università degli Studi di Padova).

3

Vento

3.1 Descrizione generale del disturbo

Il vento è l'esito di moti verticali e orizzontali di masse d'aria nell'atmosfera, aventi diversa pressione e temperatura, che si muovono da zone ad alta pressione (anticicloniche) a zone di bassa pressione (cicloniche).

I **venti costanti** soffiano tutto l'anno sempre nella stessa direzione e nello stesso verso (es. alisei e venti occidentali), mentre i **venti periodici** invertono periodicamente il loro senso con periodo stagionale (monsoni) o diurno (brezze).

I venti locali sono tipici delle zone temperate, dove soffiano irregolarmente quando si vengono a creare zone cicloniche e anticicloniche. I **venti ciclonici** o **irregolari** sono infine venti violenti e distruttivi, dotati di movimento vorticoso (tempeste, uragani, tifoni e tornado).

Il vento in foresta rappresenta sia un mediatore dei processi ecologici (es. la disseminazione) che un fattore di disturbo. La vegetazione soggetta a venti costanti può sviluppare adattamenti fisiologici ed essere selezionata nella sua composizione specifica. Eventi di maggiore intensità sono invece in grado di determinare il collasso di singoli individui, per schianto* o ribaltamento*, o di popolamenti interi.

Se si analizza l'azione del vento a scala di popolamento è possibile classificare il disturbo in:

- **Eventi endemici:** caratterizzati da una bassa intensità, si verificano piuttosto regolarmente e su piccola scala (10-500 m²). Interessano singoli individui o limitati gruppi di piante, aventi bassa stabilità per caratteristiche ambientali o strutturali. Spesso si diffondono da un margine instabile, ad esempio come risultato indiretto di pratiche gestionali.
- **Eventi catastrofici:** sono generati da venti molto forti e poco frequenti. Causano danni estesi su ampie superfici (superiori ai 500-1.000 m²).

3.2 Analisi storica e distribuzione del disturbo

Sulle Alpi occidentali non esistono dati storici sui danni da vento o tempesta in foresta, se non per l'ultimo ventennio in Valle d'Aosta, dove il Corpo Forestale Regionale ha raccolto annualmente le segnalazioni relative alle avversità di origine abiotica e biotica riscontrate in foresta. Per il periodo 1990-2009 risultano in questo catasto 20 episodi relativi ai soli danni da vento, di superficie variabile da meno di 1 ha a 140 ha (Figura 3.1). Gli episodi sono concentrati nella valle centrale (comuni di Aymavilles, Arvier, Avise e Pont-Saint-Martin), nella Valle di Rhêmes (comuni di Villeneuve, Introd e Rhêmes-Saint-Georges), nella Valle d'Ayas e in Valtournenche (comuni di Brusson, Ayas, Antey-Saint-André, Torgnon e Valtournenche) nella valle di Saint-Barthélemy (Nus), nella Valpelline e nella Valle del Gran San Bernardo. Molti degli episodi avvenuti nel periodo 1990-2009 sono concentrati a quote comprese tra 1.100 e 1.500 m s.l.m. (14 su 20) e su esposizioni settentrionali (Figura 3.2). In Valle d'Aosta, la maggior parte della superficie colpita, è stata danneggiata nel corso dell'uragano Vivian, che ha colpito l'Europa centro-meridionale il 27 febbraio 1990 (Box 3.1). Altre tempeste invernali, come gli uragani Lothar e Martin del dicembre 1999 e Kyrill del gennaio 2007, pur causando danni catastrofici alle foreste a Nord delle Alpi, non hanno prodotto danni nelle aree alpine italiane.

Anche in Piemonte Vivian ha provocato danni significativi, concentrati nella Valle Susa dove si sono registrati schianti a Bardonecchia e Salbertrand. Altri comuni della Valle Susa sono stati interessati da schianti di piccola o media estensione in anni precedenti (Oulx, Exilles e Chiomonte) su cui però non si hanno notizie precise. La maggior parte degli schianti verificatisi recentemente è stata invece causata dalla neve o dalle valanghe (Vedi Capitolo 4).

Una descrizione geografica del disturbo del vento è disponibile negli Atlanti Climatici Regionali. In Piemonte (Figura 3.3) alcune vallate alpine esprimono un regime di vento **unimodale**, cioè caratterizzato da una sola direzione prevalente di provenienza,

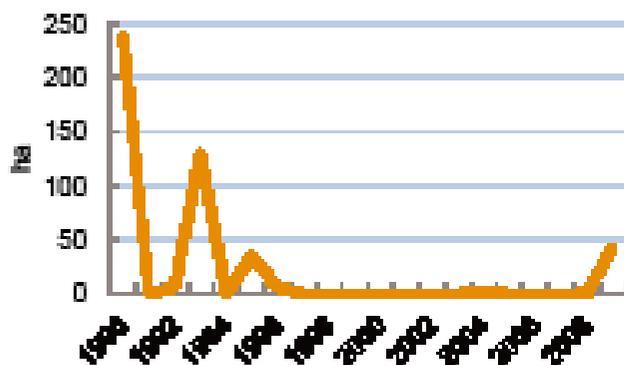


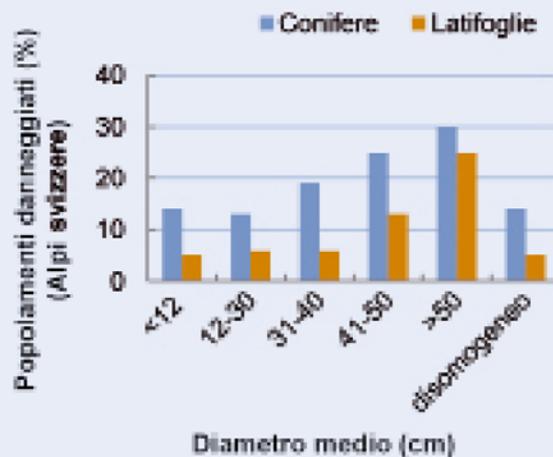
Figura 3.1 Superficie complessiva colpita da schianti in Valle d'Aosta nel periodo 1990-2009.

Box 3.1

La tempesta Vivian

Nel periodo compreso tra il 25 gennaio e il 2 marzo 1990, vasta parte dell'Europa ha subito otto cicloni invernali extratropicali, con velocità del vento superiore a livello 12 della scala di Beaufort. Il ciclone Vivian si è abbattuto sull'Europa centrale e meridionale il 27 febbraio 1990, causando 64 morti, 1,8 miliardi di euro di danni e abbattendo 110 milioni di m³ di legname tra Francia, Germania, Svizzera, Repubblica Ceca e, seppur marginalmente, Italia. Questi episodi in realtà sono stati abbastanza frequenti nella storia europea (1953, 1850, 1839, 1634, 1362 tra gli anni registrati in archivi storici), anche recente, come nel caso degli uragani Xynthia (2010), Kyrill (2007) e Lothar (dicembre 1999), il più violento e severo (137 morti, raffiche a 250 km/h, 250 milioni di m³ atterrati). Non è ancora stato dimostrato (seppur ipotizzato) il legame tra l'aumento della frequenza degli uragani e i cambiamenti climatici.

I danni dovuti a Vivian sono stati più frequenti nelle fustaie adulte e mature, nei boschi puri di conifere, sui suoli idromorfi rispetto agli altri suoli. I danni dovuti a Lothar sono stati molto più importanti nei popolamenti - già colpiti da Vivian - utilizzati nei 5 anni precedenti l'uragano. A Nord delle Alpi, in seguito alla tempesta del 1990 si è verificata una massiccia pullulazione* di *Ips typographus* L. che raggiungeva l'apice nel 1993 espandendosi, in seguito a ulteriori eventi, fino al 1996. Ai danni diretti dell'uragano si è aggiunto almeno un 25% di legno infestato da insetti. Dieci anni dopo l'uragano i nuclei di rinnovazione contavano tra le 2.000 e le 50.000 piante per ettaro (plantule e semenzali inclusi). In Svizzera, le specie più diffuse sono state l'abete rosso, l'acero di monte e il sorbo degli uccellatori che è la specie cresciuta più rapidamente. A Sud delle Alpi, su alcune esposizioni e altitudini si è assistito a un'importante rinnovazione di larice. Sui suoli momentaneamente privi di vegetazione, l'abete rosso è la specie meglio insediata. Gran parte della rinnovazione risale al 1993 e 1994, anni di pasciona per l'abete rosso. Negli ambienti non perturbati, come i Megaforbieti di montagna ad *Adenostyles* o le distese di *Calamagrostis*, la rinnovazione è stata quasi inesistente. Dove la rinnovazione è stata protetta dal brucamento degli ungulati selvatici si è rilevata una differenza significativa nello sviluppo della stessa, ma esclusivamente come composizione specifica (e non in quantità di biomassa). Sette anni dopo l'uragano, non appena hanno avuto a disposizione cibo di buona qualità, gli ungulati non hanno più ostacolato seriamente lo sviluppo della rinnovazione.



attribuibile all'incanalamento in valle e, per i massimi più deboli, a un condizionamento meteorologico. La maggior parte del territorio montano appartiene a un regime **bimodale** dovuto principalmente alla canalizzazione di valle del vento, come accade in Valle Susa, nell'Ossolano, nel Cuneese e nel Saluzzese. Esistono infine zone con regime **trimodale** (tre direzioni principali di provenienza).

Le stazioni meteorologiche piemontesi evidenziano una bassa correlazione tra quota e velocità del vento media annua.

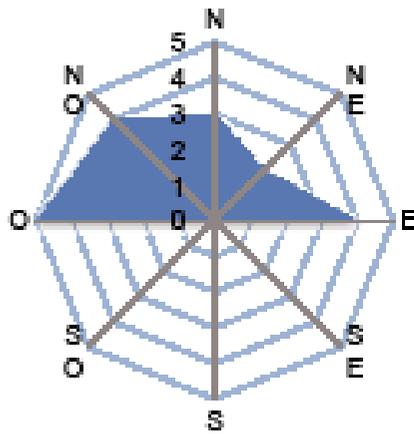


Figura 3.2 Numero di episodi di schianto da vento per classe di esposizione del versante in Valle d'Aosta nel periodo 1990-2009.

In montagna il vento è particolarmente influenzato dalla morfologia del suolo. Le montagne isolate, le catene montuose e le valli hanno un forte effetto dinamico sul movimento dell'aria, che si traduce in fenomeni quali accelerazione e decelerazione del vento, correnti ascendenti e discendenti, vortici turbolenti e incanalamenti forzati (Figura 3.4). In altri casi, la posizione topografica dei comprensori ha un influsso meno importante sui danni provocati al popolamento rispetto all'intensità delle raffiche violente e alle turbolenze registrate durante la tempesta.

3.3 Analisi storica e distribuzione del föhn

Il föhn è una corrente d'aria discendente che si manifesta sul versante sottovento quando l'aria valica una catena montuosa, provocando in poco tempo un aumento della temperatura. Si tratta di un vento estremamente irregolare, sia come frequenza di insorgenza, sia come costanza della sua forza nell'ambito dei singoli episodi, ma che può raggiungere velocità di 80-100 Km/h

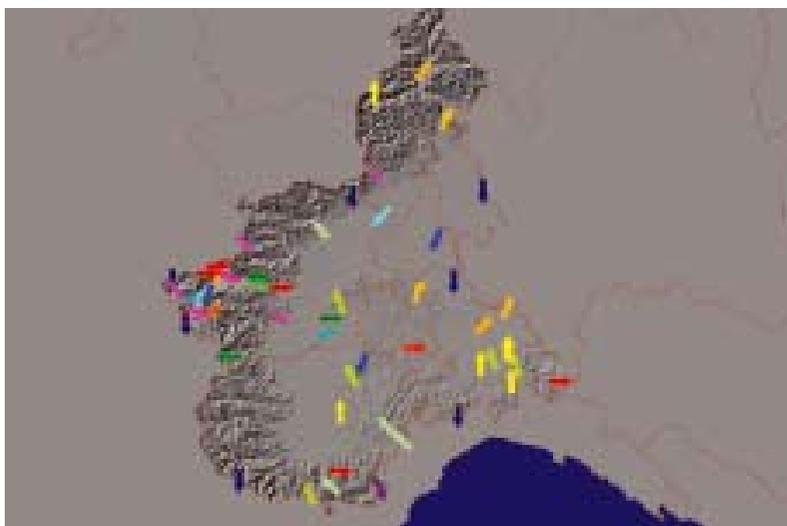


Figura 3.3 Direzione dei venti prevalenti in Piemonte nel periodo primaverile (FRATIANNI et al., 2007).

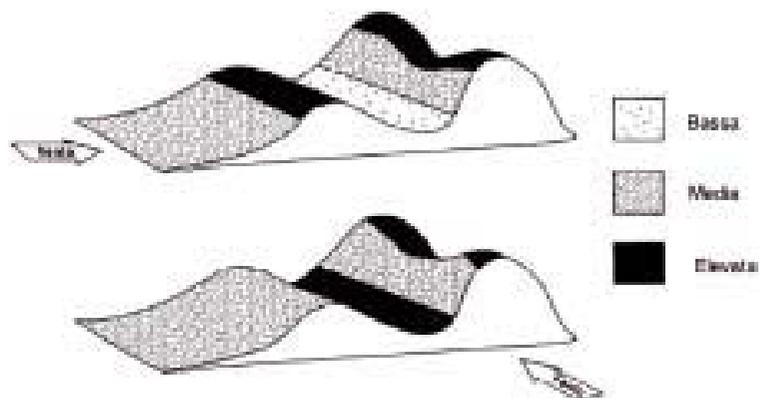


Figura 3.4 Suscettibilità allo schianto da vento di diverse stazioni in funzione della posizione sul versante e della direzione del vento dominante.

e determinare sia danni diretti (schianti) che indiretti, ad esempio riducendo l'umidità dei combustibili e rappresentando un vettore di diffusione degli incendi boschivi.

I principali fenomeni che si verificano, nella regione sottovento, durante un evento di föhn sono:

- vento forte a raffiche irregolari;
- aumento della temperatura;
- abbassamento dell'umidità relativa.

L'aumento di temperatura può essere più o meno accentuato. Poiché l'intensità del vento dipende essenzialmente dalla zona (la Valle Susa, per esempio, è un'area tipicamente molto ventosa, anche in assenza di föhn), il criterio migliore per diagnosticare la presenza o meno di föhn nelle valli sottovento rimane **il forte effetto sull'umidità atmosferica**.

In relazione alla direzione della corrente che investe la catena montuosa, si distingue tra föhn da Sud, föhn da Nord e föhn da Ovest. Il primo interessa i versanti svizzeri e austriaci delle Alpi e il Cuneese (anche se in misura minore), mentre il secondo interessa quasi tutta la Pianura Padana fino a lambire l'Emilia Romagna; il terzo è invece tipico della parte occidentale del Piemonte (e solo raramente interessa la Lombardia).

In Piemonte, nel periodo 2000-2004 sono stati registrati 288 episodi di föhn, con una media di 58 giorni l'anno. Solitamente l'evento di föhn è caratterizzato da un solo giorno di azione del vento di caduta e raramente supera i tre giorni (fino a un massimo di 7 nel periodo considerato). I casi di maggior durata sono caratterizzati da correnti discendenti della libera atmosfera che si manifestano su vasta scala in funzione di situazioni anticicloniche indipendentemente dal rilievo.

La maggior parte degli eventi di föhn che si sono manifestati in Piemonte nel 2000-2004 hanno interessato esclusivamente la Valle Susa (in media 20 giorni all'anno) e la Valle Ossola (in media 13 giorni all'anno). Non sempre il föhn riesce a raggiungere la pianura (26% degli eventi) e spesso si tratta di fenomeni

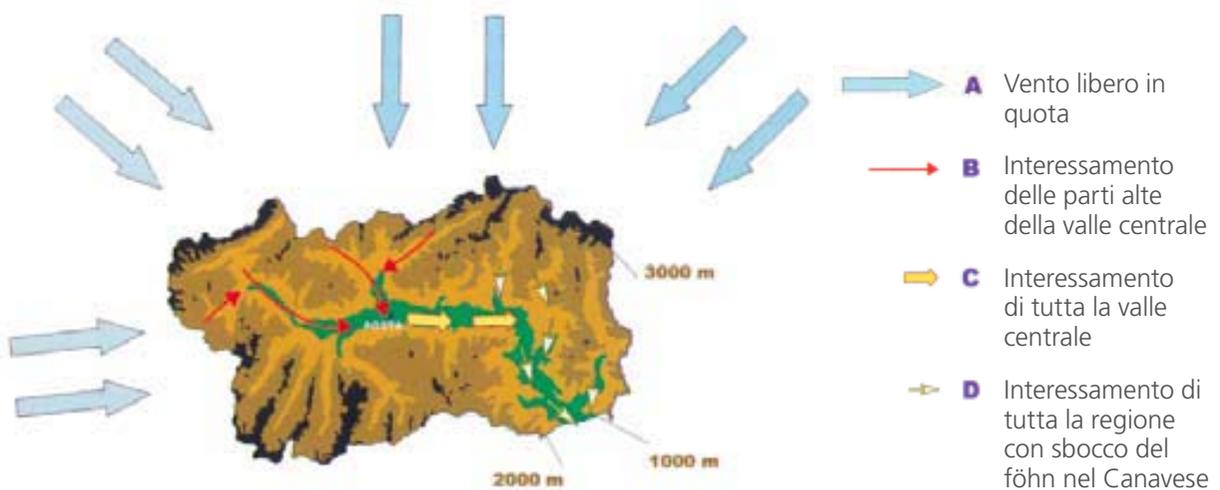


Figura 3.5 Diverso interessamento della Valle d'Aosta da parte del föhn (CESTI, 2011).

in fase di esaurimento. La stagione che presenta più giorni di föhn è quella invernale (19 giorni in media), con una minima prevalenza nel mese di gennaio (8 giorni in media).

Anche in Valle d'Aosta (dati 1974-1987) il föhn è prevalente nella stagione invernale-primaverile (11 giorni in media a gennaio), ma le frequenze sono molto variabili di anno in anno. La durata media dell'evento è di poco inferiore alle 24 ore.

A seconda dell'intensità del vento e delle condizioni meteorologiche, gli eventi possono interessare porzioni limitate di territorio (es. l'Alta Valle fino ad Aosta e le valli del Gran San Bernardo, con ingresso da Ovest o da Nord) o tutti i fondovalle e la vallata centrale fino a Saint-Vincent o fino al Canavese incluso (Figura 3.5). Inoltre, l'aumento di temperatura invernale e primaverile causato dal föhn può interferire con l'inizio della stagione vegetativa. Nonostante le interazioni tra temperatura e interruzione della dormienza siano complesse e note solo in parte, una troppo precoce fogliazione, avvenuta ad esempio quando il suolo è ancora gelato o quando è ancora alto il rischio di gelate primaverili, potrebbe causare estese morie.

3.4 Fattori predisponenti

Lo schianto e il ribaltamento si verificano quando le forze orizzontali generate dall'azione del vento superano la resistenza dell'albero (rispettivamente di fusto o radici). Lo schianto è però un fenomeno complesso in cui sono coinvolte variabili climatiche (sul lungo periodo) e meteorologiche (sul breve periodo), caratteristiche del singolo albero o del popolamento e altre variabili ambientali (suolo e topografia):

- **condizioni meteorologiche:** determinano la velocità del vento, il verificarsi di raffiche e la durata dell'evento. Possono anche agire indirettamente sul suolo modificandone il contenuto di umidità (quindi la resistenza meccanica) e sui singoli individui mediante il carico di neve o di acqua gravante sulle chiome.

Quando all'azione del vento si associa quella del carico nevoso sulle chiome, la loro conformazione, influenzando la quantità di neve che si accumula, può essere fondamentale nel determinare l'entità delle sollecitazioni a carico del fusto e delle radici. Nel pino silvestre, ad esempio, il carico della neve può raggiungere pressioni molto elevate in quanto la chioma ha una conformità tale da favorire ingenti accumuli di neve;

- **stabilità individuale della pianta:** l'altezza, il diametro, la forma del tronco e della chioma, le proprietà meccaniche del legno e l'apparato radicale sono in grado di influenzare la stabilità individuale degli alberi. Una maggior vulnerabilità agli schianti da vento è caratteristica di alberi con chiome dense o molto espanse, altezza elevata (maggiore momento torcente) e alto rapporto di snellezza ($H/D > 60-80$ a seconda della specie), debole sistema di ancoraggio al suolo, bassa resistenza meccanica (es. per carie o marciume radicale) e scarsa elasticità del legno. Per gli schianti in Valle d'Aosta in cui questo dato è stato misurato (1990-2009), il diametro medio dei fusti schiantati è circa 30 cm;
- **stabilità del popolamento:** è correlata a quella dei singoli alberi, alla loro densità, alla struttura verticale e orizzontale e alle caratteristiche delle aree confinanti (boscate o non boscate). In popolamenti densi e monoplani, la maggior parte delle piante ha una bassa stabilità individuale poiché l'elevata competizione le induce a crescere in altezza, sviluppando un rapporto di snellezza sfavorevole e una ridotta superficie di chioma (Figura 3.6). La parte compresa tra il suolo e l'inserzione della chioma è soggetta a un aumento della velocità del vento (Figura 3.7). Su 20 episodi in Valle d'Aosta (1990-2009), solo uno è avvenuto in una fustaia rada. I popolamenti strutturalmente più articolati (pluriplani e di-



Figura 3.6 Fusti suscettibili al danno da vento in una Pecceta montana (Courmayeur, Valle d'Aosta).

setanei) si caratterizzano, al contrario, per avere nelle piante dominanti gli elementi più stabili (“ossatura” del popolamento) e in quelle del piano intermedio le più sensibili a eventuali danni da vento (Figura 3.8). Anche in questo caso la densità svolge un ruolo fondamentale, poiché una sua riduzione può incrementare il numero delle piante a elevata stabilità.

La severità aumenta proporzionalmente all’altezza dominante dei soprassuoli, quindi spesso risulta positivamente correlata anche con l’età e lo stadio di sviluppo. Inoltre è influenzata dall’altezza dei soprassuoli vicini, localizzati nella direzione di provenienza dei venti tempestosi: un popolamento limitrofo con alberi più alti riduce il fronte di azione del vento e quindi la predisposizione del popolamento stesso a subire danni, mentre se gli alberi sono più piccoli, la vulnerabilità dello stesso è maggiore.

Considerando la composizione, i soprassuoli puri di conifere sono più frequentemente danneggiati rispetto a quelli composti unicamente da latifoglie. Tra gli schianti avvenuti in Valle d’Aosta (1990-2009), solo due eventi sono stati registrati ai danni delle latifoglie (faggio e pioppo tremolo, rispettivamente), inaspettatamente entrambi all’inizio della

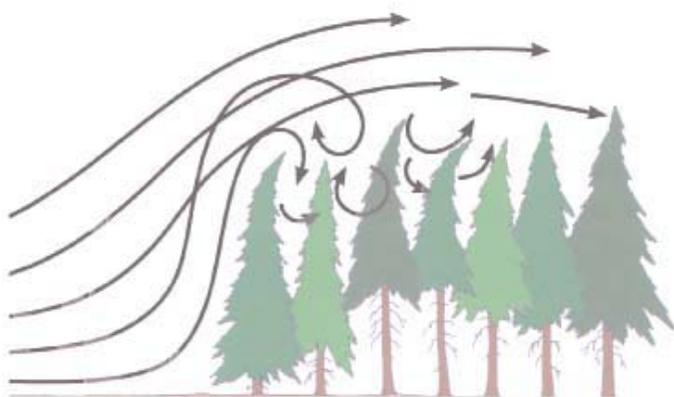
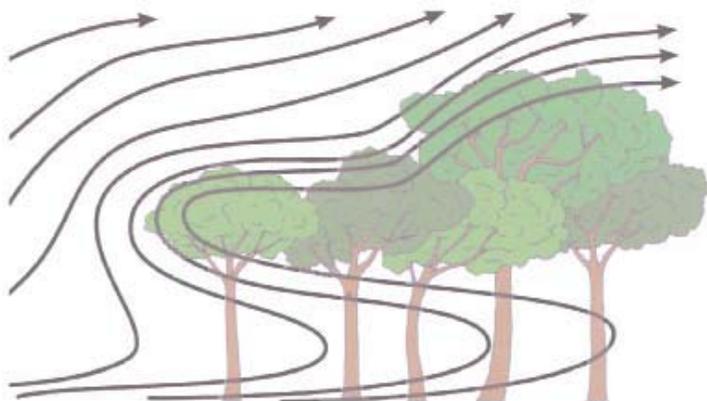


Figura 3.7 Schema della penetrazione del vento in una zona boscata con chiome distanziate dal suolo o estese fino a terra (CESTI, 2011).

primavera. Larice e pino silvestre, presentando un apparato radicale più sviluppato in profondità, rappresentano una maggiore garanzia di successo nei confronti del ribaltamento rispetto a specie come l'abete rosso, caratterizzato da apparati radicali molto più superficiali (Figura 3.9).

Secondo studi svizzeri effettuati in seguito ai danni provocati dalla tempesta Lothar, l'abete rosso non è risultato più vulnerabile rispetto all'abete bianco: entrambe le specie citate sono per contro risultate più esposte ai danni (di un fattore corrispondente a 2,5 volte) rispetto al faggio. Se un soprassuolo di conifere presenta, nello strato superiore delle chiome, una percentuale di faggio equivalente al 10-20%, la sua struttura complessiva sembra meglio rispondere agli effetti di episodi tempestosi simili;

- **interventi selvicoltureli:** i tagli, riducendo i rapporti di compenetrazione esistenti tra chiome vicine, tendono a in-

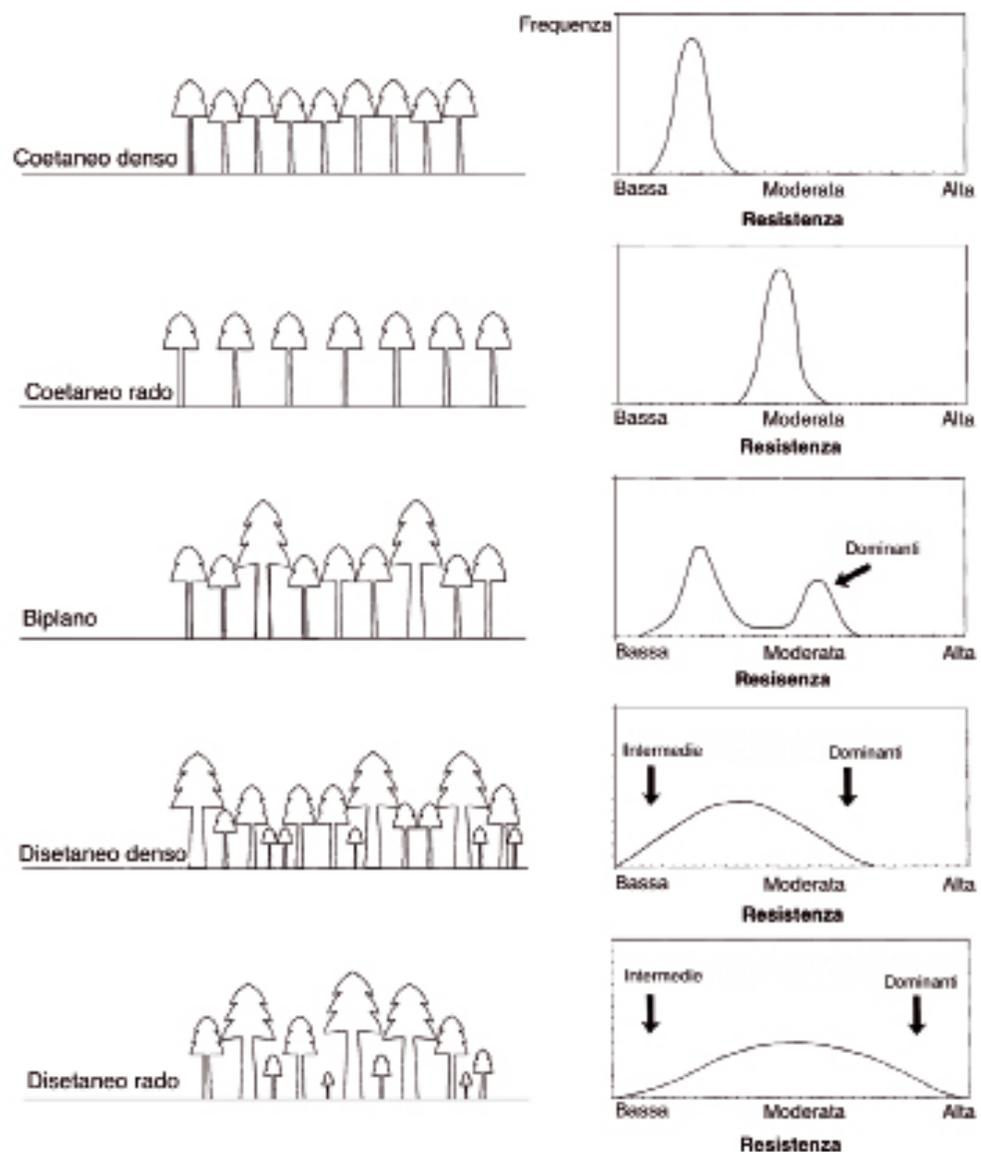


Figura 3.8 Distribuzione della resistenza individuale agli schianti da vento in popolamenti con diverse caratteristiche strutturali (STATHERS et al., 1994 modificato).



Figura 3.9 Larici sopravvissuti allo schianto da vento (27 febbraio 1990 - Issard, Bardonecchia, Torino).

crementare la porosità del piano delle chiome favorendo quindi l'azione del vento al suo interno. La stabilità meccanica è influenzata dalla presenza di aperture all'interno o al margine del popolamento (Figura 3.10). Quando si verifica un'apertura repentina, le piante che si trovano ai margini della nuova radura sono quelle che più facilmente potranno subire danni (Figura 3.11). Oltre all'improvvisa mancanza di un sostegno tra le chiome, l'azione sfavorevole delle aperture si esercita incanalando il vento, che aumenta la sua forza a seconda della forma e delle dimensioni dell'apertura stessa (Figura 3.12). I soprassuoli nei quali sono stati eseguiti degli interventi nei 5 anni precedenti l'evento catastrofico presentano in genere danni maggiori, come anche, secondo studi svizzeri, i boschi disetanei lasciati senza gestione;

- **suolo:** le caratteristiche del suolo influenzano la stabilità degli alberi interferendo con lo sviluppo in volume dell'apparato radicale (Figura 3.13). La rottura dei fusti è comune su suoli profondi e ben drenati, mentre su suoli poco potenti, in cui l'ancoraggio delle radici risulta più debole, si assiste spesso allo sradicamento dell'intera pianta.

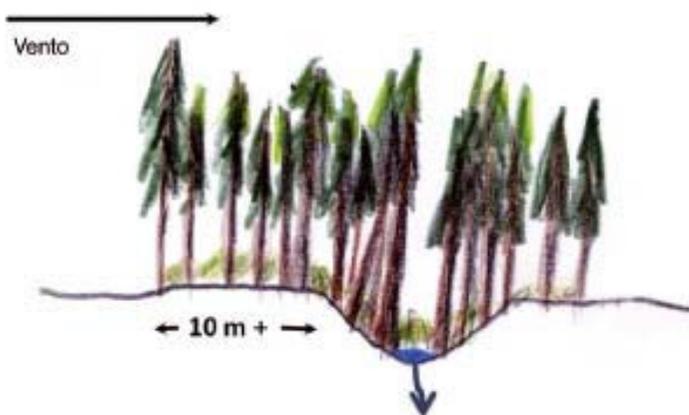


Figura 3.10 Distanza di sicurezza per mitigare la penetrazione del vento tra margini esposti e impluvi in bosco (ZIELKE et al., 2010).

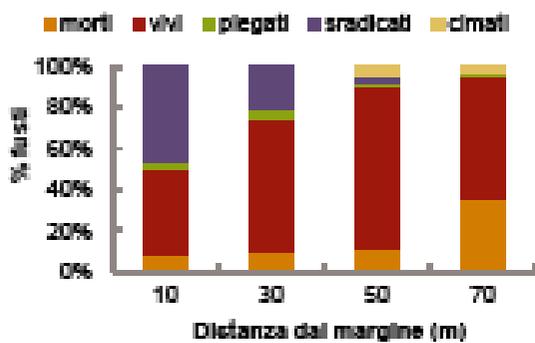


Figura 3.11 Tipo e intensità del danno da vento in funzione della distanza dal margine (ZIELKE et al., 2010 modificato). Gli alberi inclinati possono contribuire alla stabilità del margine (es. bloccano la caduta di quelli morti) e comprometterla se rimossi.

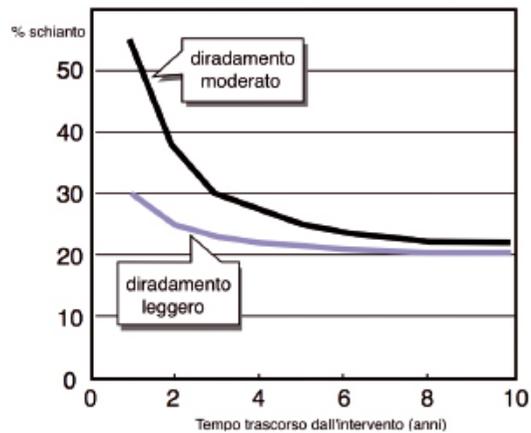


Figura 3.12 Percentuale di popolamenti schiantati in seguito a diradamenti di diversa intensità in boschi di abete rosso durante una tempesta distruttiva (LOHMANDER e HELLES 1987 modificato).

La probabilità che gli alberi abbiano una stabilità limitata è superiore durante la stagione tardo-invernale e primaverile, periodo durante il quale i suoli sono spesso saturi d'acqua. Nel 1999 in Svizzera, i boschi in stazioni con suoli acidi o bagnati hanno subito maggiori danni da tempesta rispetto a quelli in condizioni stazionali mesofile, fresche e mediamente acide. Inoltre, gli abeti rossi cresciuti su suoli ricchi di azoto presentano anelli di accrescimento più ampi e un rischio maggiore di subire delle rotture dei fusti sottoposti alle sollecitazioni meccaniche causate dalle raffiche violente.

3.5 Magnitudo, frequenza ed estensione

La Tabella 3.1 riporta i parametri del regime di disturbo in Piemonte e Valle d'Aosta, calcolati a partire dai dati disponibili. Per quanto riguarda intensità e stagionalità, ad Aosta si registrano 198 giorni di vento all'anno con picco dai quadranti orientali, prevalentemente dalla primavera all'inizio dell'autunno, con velocità medie comprese tra 10 e 15 m/s; le raffiche raggiungono 20-22 m/s. I venti occidentali invece predominano per 111 giorni l'anno, con stagionalità più costante, insorgenza improvvisa e durata da alcune ore ad alcuni giorni; le velocità medie sono 5-20 m/s, le raffiche 22-29 m/s.

In Piemonte le stazioni di rilevamento poste alle quote più elevate (> 2.000 m s.l.m.) evidenziano un minimo di ventosità in agosto e due massimi in dicembre e febbraio, con velocità media annua compresa tra 1,5 e 3 m/s. Un vento che soffia fino a 10 m/s è abbastanza frequente, ma concentrato nelle stazioni di montagna (es. Monte Fraiteve in Valle Susa). Le stazioni a quote comprese tra i 1.000 e i 2.000 m s.l.m. presentano un massimo primaverile e un minimo tardo-autunnale; l'intensità media annua del vento oscilla tra 1,4 e 3,7 m/s, con i valori più alti concentrati in Valle Susa (Oulx e Salbertrand). In particolare, il vento

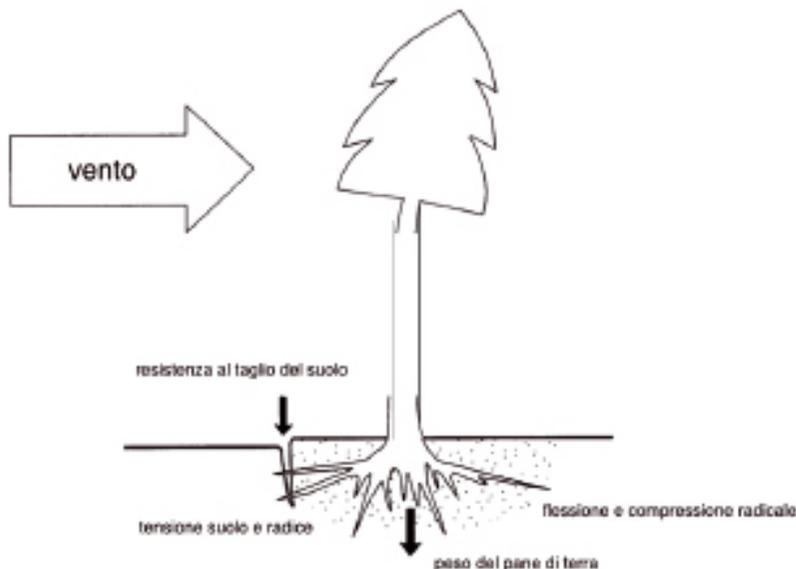


Figura 3.13 Azione indiretta del suolo nel determinare la probabilità di schianto o ribaltamento.

proveniente da Ovest è solitamente molto forte su tutte le Alpi occidentali. A Oulx (Valle Susa) si registrano ben 260 giorni medi annui con vento che oscilla tra i 2,5 e 5 m/s. Infine, le stazioni di collina e pianura presentano il medesimo andamento medio mensile con minimo in ottobre, novembre e dicembre e massimo in marzo-aprile e intensità media annua tra 0,6 e 2,5 m/s. L'evento più importante di massima intensità di raffica è stato registrato il 26 gennaio 1994 per la stazione di Monte Fraiteve con 44,7 m/s. A questo episodio seguono Alagna (Bocchetta delle Pisse) con 44,5 m/s, Passo del Moro (Macugnaga, Verbania) con 44,3 m/s e Rifugio Gastaldi (Val d'Ala, Torino) con 42,3 m/s, verificatisi nello stesso giorno (27 febbraio 1990 - tempesta Vivian). Da ricordare anche l'episodio del 25, 26 e 27 dicembre 1999 (Lothar 40 m/s) che si è esteso ai siti di Barcenisio (Val Cenischia, Torino), Pian delle Baracche (Valle Varaita, Cuneo), Rifugio Mondovì (Valle Ellero, Cuneo) e che ha colpito con maggiore intensità le regioni oltralpe.

3.6 Effetti ecologici del disturbo

Il vento provoca la rottura dei rami, lo schianto del fusto o il ribaltamento della ceppaia. Quando un popolamento forestale viene interessato da danni da vento, le condizioni microclimatiche (sul breve termine) e le tendenze evolutive (nel lungo termine) subiscono modifiche la cui entità è legata all'estensione della superficie interessata dal danneggiamento. All'aumentare di questa si assiste a cambiamenti sempre più intensi e duraturi nei fattori ambientali, che diversificano fortemente una superficie schiantata da un bosco indisturbato (Figura 3.14):

- maggiore escursione termica tra le temperature diurne e quelle notturne;
- frequenti alternanze di gelo-disgelo negli strati superiori del suolo;

Tabella 3.1

Magnitudo, frequenza, estensione del disturbo da vento in Piemonte e Valle d'Aosta.

	Piemonte	Valle d'Aosta
Frequenza	58 gg föhn/anno (2000-04)	1,1 eventi/anno (1990-2009) Max. 1990: 6 14 gg föhn/anno (1974-87)
Distribuzione	Prevalentemente Valle Susa e Valle Ossola	Prevalentemente 1.100-1.500 m s.l.m. Valle centrale, più raramente Valli di Rhêmes, Ayas e Valtournenche Esposizioni: Ovest, Nord, Est Boschi misti di conifere, prev. abete rosso Sup. boscata percorsa: 24 ha/anno (0,025%) Max. 1990: 238 ha
Estensione	-	Sup. media per evento: 23 ha Distribuzione dimensionale: 35% < 3 ha 25% tra 5 e 10 ha 10% tra 10 e 20 ha 20% tra 20 e 50 ha 10% tra 50 e 150 ha
Tempo di ritorno (totalità sup.boscata)	- Velocità media annua 1-4 m/s	3.150 anni Velocità media annua 5-20 m/s
Magnitudo	Massima raffica 45 m/s (1990-99)	Massima raffica 29 m/s (1974-87)
Severità	-	In 10 eventi: > 50% piante In 3 eventi: <20% piante In 1 evento: 20-50% piante In 6 eventi: sconosciuta

- grande disponibilità di luce e di calore;
- movimenti di aria indisturbati in prossimità del suolo;
- maggiori quantitativi di precipitazioni al suolo;
- mineralizzazione più rapida dei complessi di humus;
- sviluppo della vegetazione concorrente eliofila;
- insufficiente disseminazione sulle superfici più estese.

Quando il danno da vento avviene su piccola o piccolissima scala non è considerato un disturbo, bensì un processo ecologico importante per la rinnovazione dei popolamenti. Le osservazioni effettuate in foreste disetanee svizzere colpite da schianto dimostrano che i soprassuoli che hanno subito danni diffusi di entità inferiore al 30% della copertura non subiscono modifiche significative nelle loro caratteristiche strutturali. Al contrario, in caso di disturbo catastrofico, uno schianto può **ridurre l'efficacia della funzione protettiva** mediante la riduzione della stabilità degli individui danneggiati, la diminuzione di densità e copertura del bosco, la creazione di aperture, la minore ritenuta delle precipitazioni, l'erodibilità del suolo e la maggiore probabilità di movimentazione dei massi e della necromassa*. Inoltre, il danno da vento si differenzia da quello da fuoco sia perché molto spesso riduce solo parzialmente la densità dei fu-



Figura 3.14 Confine tra popolamento schiantato e non schiantato (27 febbraio 1990 - Issard, Bardonecchia, Torino).

sti, i quali possono sopravvivere in una percentuale che varia in funzione della loro stabilità individuale, sia perché non consuma i tessuti legnosi (tutta la necromassa viene accumulata a terra). La necromassa al suolo spesso mitiga gli effetti negativi sulla funzione protettiva, ad esempio trattenendo i massi in caduta, almeno per il tempo necessario affinché una nuova generazione di alberi si insedi o la rinnovazione preesistente al disturbo si affermi (Figura 3.15).

Il **regime idrico** del terreno è alterato in seguito all'aumento del quantitativo di acqua che raggiunge il suolo con le precipitazioni e alla contemporanea riduzione del consumo da parte della vegetazione. L'incremento dell'infiltrazione nel suolo produce modifiche nel movimento dei nutrienti e del materiale fine lungo il profilo che, in alcuni tipi di suolo, può determinare una saturazione della porosità tale da aumentare il grado di saturazione idrica. Conseguenza diretta di questo fenomeno sono una maggior tendenza alla compattazione e una riduzio-



Figura 3.15 Necromassa al suolo con funzione di stabilizzazione del manto nevoso nello schianto non esboscato (27 febbraio 1990 - Issard, Bardonecchia, Torino).

ne della concentrazione di ossigeno, con ripercussioni negative sullo sviluppo radicale.

Lo sradicamento delle ceppaie in seguito al ribaltamento causa modifiche nel deflusso superficiale creando condizioni microtopografiche caratterizzate dalla presenza di concavità e convessità (Figura 3.16). L'acqua che scorre in superficie ha una maggiore tendenza a infiltrarsi a monte della ceppaia sradicata (concavità) originando possibili fenomeni di franamento a valle della ceppaia stessa. Il movimento prodotto dalle ceppaie nella fase di ribaltamento può inoltre portare in superficie la parte più incoerente del suolo (scheletro) che, venendo a mancare l'azione di coesione esercitata dagli apparati radicali, può con maggior facilità movimentarsi verso valle.

La dimensione dello schianto, la rinnovazione preesistente e quella post-schianto determinano la **composizione specifica** del popolamento successiva al disturbo. La comunità che si afferma nei primi anni è generalmente caratterizzata da una struttura articolata ed è formata da:

- piante dominanti sopravvissute allo schianto;
- prerinnovazione* lasciata libera di affermarsi;
- polloni delle latifoglie danneggiate (se la capacità pollonifera non è limitata);
- rinnovazione da seme disperso dagli alberi sopravvissuti *in situ* o da portaseme circostanti l'area percorsa (se la disseminazione non è limitata da età, potenziale riproduttivo, distanza di dispersione e direzione dei venti dominanti);
- rinnovazione germinata dalla banca semi, che non viene danneggiata, come invece accade durante un incendio. La banca semi è composta da specie temporanee e persistenti, la cui disponibilità dipende dalla longevità specie-specifica dei semi e dalla quantità di seme disperso. In genere, prevalgono le specie annuali rispetto alle perenni, le leguminose e le altre erbacee rispetto alle specie graminoidi, le specie ruderali che colonizzano per prime i siti disturbati.

La **prerinnovazione** presente raramente subisce danni meccanici diretti per l'azione del vento, trovandosi protetta nel piano

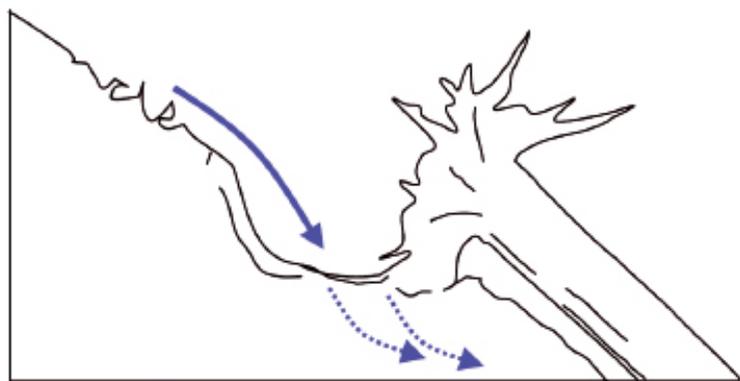


Figura 3.16 L'acqua superficiale può infiltrarsi nelle aperture del suolo provocate dallo sradicamento delle ceppaie e destabilizzarle (UFAM, 2008).

dominato, mentre è maggiormente interessata da eventuali danni indiretti dovuti agli schianti di piante sui singoli individui o sui nuclei di rinnovazione. La prerinnovazione, appartenente alle specie forestali definitive, può rappresentare, quando non eccessivamente danneggiata dallo schianto, il contributo più importante nella ricostituzione della copertura boschiva (Figura 3.17). L'altezza raggiunta da questi individui, infatti, può rappresentare un fattore determinante nei confronti della vegetazione concorrenziale che tende a colonizzare rapidamente la superficie dello schianto (es. megaforbie o rovo). Nell'arco di 2-3 anni, 3-10 anni alle quote superiori e su stazioni limitate dalla presenza di *Calamagrostis*, lampone o mirtillo nero, il suolo, infatti, tende a essere colonizzato da uno strato di vegetazione denso, composto principalmente da specie a rapido accrescimento (sia erbaceo-arbustive che arboree), che ostacola la germinazione e lo sviluppo delle altre specie negli anni successivi. In caso di prerinnovazione insufficiente, il successo della disseminazione durante questa breve finestra temporale è il fattore decisivo per la ricostruzione tempestiva della copertura forestale (Box 3.2).

L'insediamento delle **nuove specie** eliofile può avvenire solo se l'apertura ha dimensioni ampie (500 m² o più) e se la prerinnovazione non è già insediata nello strato dominato. La velocità di diffusione delle specie pioniere all'interno della zona di schianto è fortemente influenzata dalla superficie interessata e dalla presenza o meno di piante portaseme sopravvissute; la maggior parte delle piante disperde il seme entro un raggio di 100 m (Figura 3.18), tranne il salicome che non sembra avere particolari limitazioni. Le **piante portaseme** sopravvissute all'interno dell'area schiantata devono quindi essere oggetto di particolare attenzione. Se la superficie danneggiata dal vento si trova all'interno dell'area di influenza di betulle o di altre specie pioniere, spesso si insedia un bosco pioniero più o meno denso, soprattutto in seguito a un esbosco. La sementazione di specie definitive come l'abete rosso e l'abete bianco è invece limitata a una fascia



Figura 3.17 Prerinnovazione affermata in seguito allo schianto di Peyra Grossa (27 febbraio 1990 - Salbertrand, Torino).

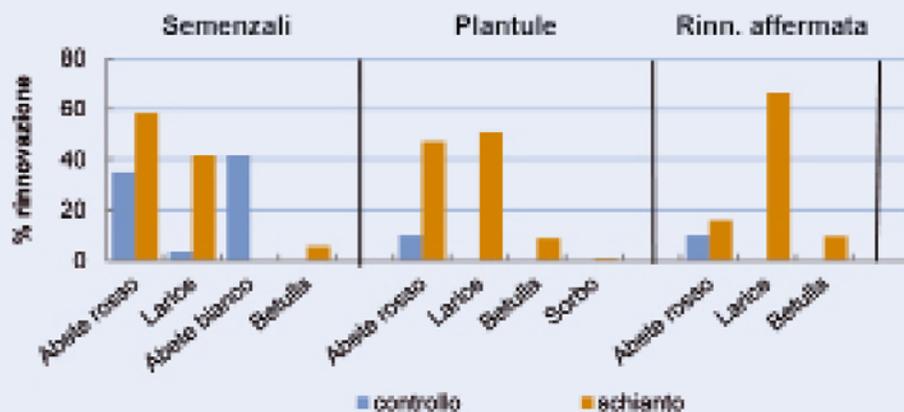
Box 3.2

Schianti nel comune di Introd (Valle d'Aosta)

Il bosco Parriod in comune di Introd (Valle d'Aosta) è stato interessato da schianti da vento causati dall'uragano Vivian nel febbraio del 1990. L'area di studio è situata in destra orografica della Valle di Rhêmes, all'interno del Parco Nazionale del Gran Paradiso. La superficie considerata è pari a 69,86 ha, di cui il 14,5% è occupato dalle tre aree interessate dagli schianti da vento.

L'area si sviluppa tra i 1.400 e i 1.740 m s.l.m. di quota, con un'esposizione compresa tra Ovest-Nord-Ovest e Nord-Nord-Ovest e

una pendenza che varia da 25° a 45°. Le zone oggetto di schianto sono state esboscate nel 1992. Sono state insediate 45 aree di saggio secondo uno schema di campionamento casuale, sia nell'area schiantata che in quella indisturbata come controllo. Il popolamento pre-disturbo è ascrivibile a una Pecceta montana endalpica, costituita al 98% da abete rosso, con diametro medio di 31 cm e densità di circa 900 piante/ha (diametro > 7,5 cm). La rinnovazione nelle aree schiantate ha una densità di 1.800 piante/ha (diametro < 7,5 cm) e presenta una composizione e una struttura significativamente diversa rispetto alle aree di controllo. Il brucamento, senza preferenze di specie (8%, 34% e 16% rispettivamente per semenzali, plantule e rinnovazione affermata), è significativamente superiore rispetto alle aree di controllo, dove non sono stati rilevati danni significativi alla rinnovazione.



di circa 75 m di larghezza lungo il margine del popolamento. La rinnovazione da seme è fortemente favorita anche dallo sradicamento degli alberi, che causa l'esposizione in superficie di suolo minerale e la creazione di micrositi favorevoli alla germinazione. Queste superfici si caratterizzano per la mancanza di rizomi o apparati radicali di specie erbacee concorrenti e non sono siti di riserve di seme (Figura 3.19).

3.7 Indirizzi gestionali

3.7.1 Zonizzazione del rischio

La previsione del rischio di danno da vento si basa sui disturbi endemici che possono ricorrere più frequentemente.

A titolo di esempio, il sistema di previsione del danno in vigore

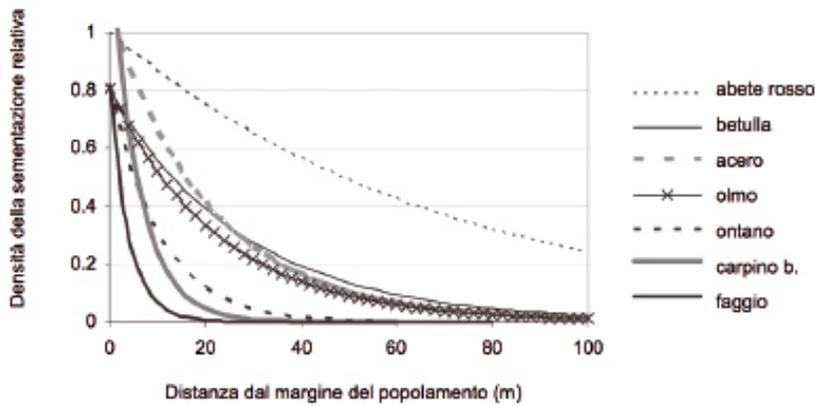


Figura 3.18 Disponibilità di semi in funzione della distanza dal margine del soprassuolo (UFAM, 2008).

in British Columbia, si basa su un processo a tre fasi, ciascuna delle quali assegna un valore di rischio rispettivamente ai fattori stazionali (suolo, topografia, esposizione), alla struttura del popolamento e al rischio legato ai trattamenti selvicolturali (Figura 3.20). Esistono inoltre simulatori (es. HWIND, ForestGALES) in grado di modellizzare il processo fisico di schianto e sradicamento. Utilizzando come dati di ingresso la forza e la direzione del vento, le caratteristiche dell'albero "medio" e del sito (tipo di suolo, distanza dal margine, dimensioni dell'apertura), i modelli calcolano la velocità critica del vento (Figura 3.21). Da questa, conoscendo le caratteristiche climatiche di una data area, è possibile calcolare un corrispondente tempo di ritorno.

Infine sono in fase di calibrazione simulatori di dinamiche del paesaggio (es. LANDIS www.landis-ii.org) in grado di simulare contemporaneamente i processi di accrescimento, successione e i disturbi naturali, compresi il fuoco e il vento, descritti dal loro regime (tempo di ritorno e distribuzione dimensionale).

3.7.2 Misure preventive

Gli effetti dei cambiamenti climatici fanno prevedere un aumento della frequenza e intensità degli eventi tempestosi estremi, con una probabile estensione dei danni. I popolamenti non hanno resistenza sufficiente per le catastrofi, che risultano più imprevedibili (es. legate a eventi climatici estremi) e richiedono una prevenzione basata sul mantenimento della resilienza della foresta. Nelle foreste di protezione diretta in cui il vento rappresenta, per intensità e frequenza, un fattore condizionante la gestione (es. Valle Susa), la strategia di prevenzione dei danni è volta a ridurre il suo impatto sulle chiome.

Strutture caratterizzate da una tessitura regolare e da un'elevata densità sono rischiose nei confronti dell'azione del vento, da solo o in sinergia con altri fattori (in particolare con il carico della neve), come ad esempio in rimboschimenti troppo densi, regolari o non gestiti, all'interno dei quali il coefficiente di snellezza (H/D) raggiunge valori elevati. Queste strutture, pur mantenendo alte



Figura 3.19 Rinnovazione di pino silvestre su pane di terra derivante da ribaltamento (27 febbraio 1990 - Issard, Bardonecchia, Torino).

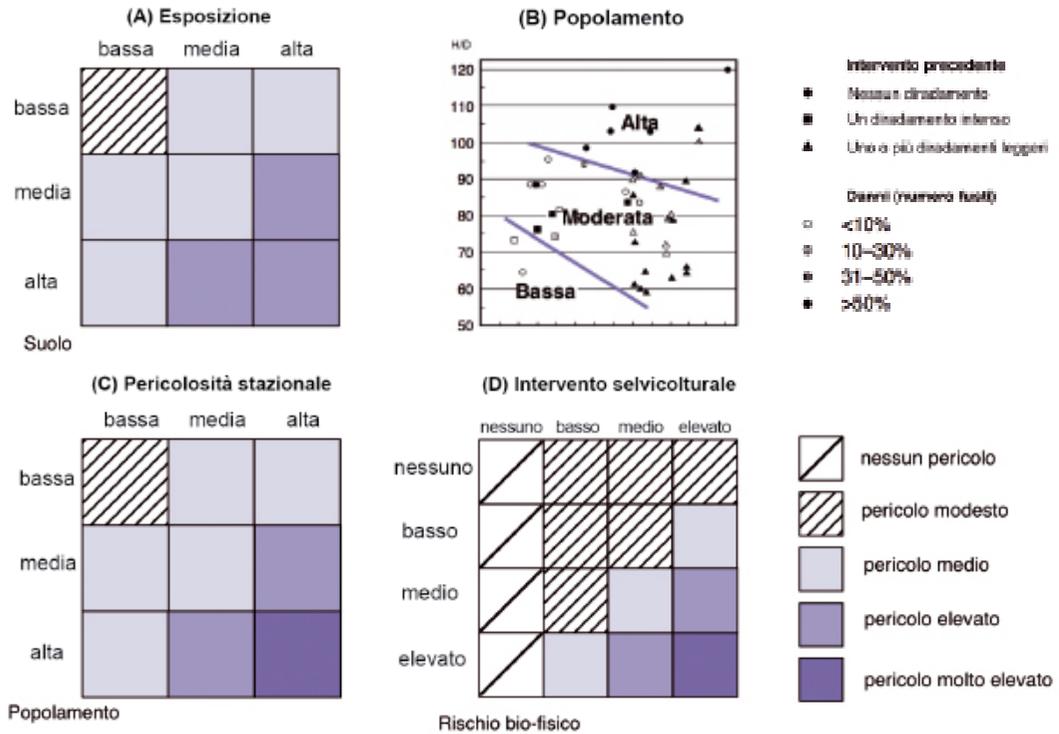


Figura 3.20 Valutazione del rischio di schianto mediante l'attribuzione progressiva di classi di pericolosità relative al rischio: (A) stagionale, (B) strutturale (dati da prove sperimentali), (C) biofisico (stagionale + strutturale), (D) totale (biofisico + rischio associato a interventi selvicolturali in zone sensibili) (MITCHELL, 2000 modificato).

densità e quindi un'elevata resistenza nell'immediato, sono suscettibili a danni improvvisi ed estesi e se lasciate senza gestione possono subire elevati tassi di mortalità. In questi casi l'efficacia protettiva viene meno rapidamente e, se la rinnovazione è scarsa o assente, non può essere recuperata con rapidità. Nei popolamenti disetaneiformi o irregolari, invece, le piante dominanti sono caratterizzate da maggiori valori di stabilità individuale; le piante più giovani, spesso disposte a gruppi, resistono al vento poiché i fusti sono più flessibili e lo sviluppo in altezza modesto. In seguito a uno schianto, queste sono inoltre in grado di rispondere rapidamente ed efficacemente alle mutate condizioni ecologiche. Valutando gli obiettivi di una gestione selvicolturale di medio-lungo periodo, la scelta migliore è quindi indirizzare i popolamenti verso strutture complesse e con maggiore ricchezza specifica.

Quando è necessario effettuare dei tagli per migliorare la stabilità e la funzionalità di una foresta di protezione diretta, in caso di elevato rischio di danno da vento è necessario valutare attentamente l'effetto degli interventi selvicolturali previsti sulla stabilità meccanica degli individui e del popolamento. Il taglio deve avvenire ricercando i margini più stabili del popolamento, ossia le piante le cui caratteristiche possano garantire una maggior stabilità nei confronti del vento. Non sono adeguate alla creazione di margine le piante malate, con fusti piegati o biforcati, apparato radicale superficiale o insediatesi su substrati instabili come rocce o pietre. Per quanto riguarda le caratteristiche di chioma

delle piante di margine da rilasciare, è auspicabile che la scelta non ricada su piante con chiome eccessivamente sviluppate per il pericoloso “effetto vela” che producono quando sono molto compatte e impenetrabili al vento (nonostante questo sia un fattore favorevole per l’efficacia della protezione diretta - occorrerà quindi effettuare una valutazione dei rischi e dei benefici caso per caso). La scelta non deve ricadere neppure su piante con chiome eccessivamente raccolte all’estremità superiore del fusto, poiché in questo caso aumenta notevolmente il rischio di flessione o troncatura del fusto a causa della posizione del centro di massa (“effetto leva”).

Poiché l’ancoraggio al suolo riveste un ruolo fondamentale nella stabilità delle singole piante, anche la scelta delle specie diviene importante nel momento in cui si procede con la martellata. Su versanti a elevata pendenza soggetti a caduta massi, la scelta della specie da favorire sarà influenzata dalla resistenza all’urto, dalla capacità della specie di reagire al danno attraverso la cicatrizzazione rapida della ferita o dalla sua vulnerabilità all’attacco da parte di patogeni da ferita (tra le conifere: larice > pino silvestre > abete bianco > abete rosso).

Quando il taglio prevede l’apertura di buche o fessure, oltre alla corretta scelta delle piante di margine può essere utile valutare l’orientamento dell’apertura rispetto alla direzione del vento dominante. Quando l’asse maggiore dell’apertura è parallelo alla direzione del vento, i due margini lunghi del taglio risulteranno sottoposti alla stessa sollecitazione. Nel caso opposto, un margine risulterà decisamente più esposto dell’altro. La direzione dell’apertura può agire anche sulle condizioni microclimatiche. In ambiente endalpico, dove l’aridità del suolo può rappresentare un fattore limitante lo sviluppo della rinnovazione, l’asse perpendicolare alla direzione del vento presenta un margine (sottovento) più protetto dalle turbolenze, al cui interno può avvenire una favorevole riduzione dell’evapotraspirazione.

Quando il taglio avviene per gruppi o collettivi, può essere utile porre attenzione alla forma del gruppo in funzione della direzione del vento prevalente. Un gruppo che presenta il lato di

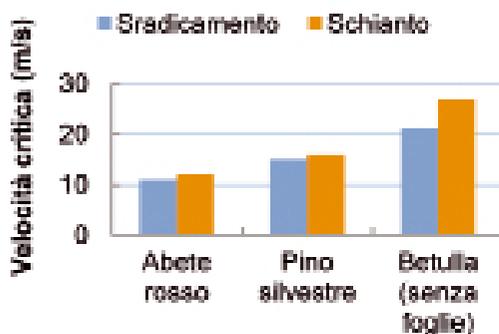


Figura 3.21 Velocità critiche di venti sostenuti della durata di un’ora per abete rosso, pino silvestre e betulla (PELTOLA et al., 1999 modificato).

maggior sviluppo parallelo alla direzione del vento dominante avrà una minor superficie della zona di margine (quella maggiormente soggetta alle sollecitazioni e quindi alla possibilità di danneggiamento) rispetto a un gruppo di forma circolare. Inoltre al ridursi della superficie del collettivo aumenta la percentuale di piante danneggiate.

Nelle foreste di protezione diretta, le seguenti azioni preventive sono attuabili bilanciando sempre il beneficio derivante dalla riduzione del rischio con gli eventuali effetti negativi dell'intervento ai fini dell'efficacia protettiva:

- mantenere densità moderate per mezzo di diradamenti frequenti e poco intensi negli stadi di spessina e perticaia, interrompendoli ad altezze dominanti di 15-20 m;
- per diradamenti in perticaie e fustaie dense e monoplane, si raccomanda di rilasciare le piante dominanti e mantenere una copertura tale che l'angolo verticale tra la base di ogni fusto e l'estremità della chioma dei suoi vicini non superi 10°;
- si consiglia di effettuare i diradamenti per gruppi, mantenendo le aperture inferiori a quattro volte l'altezza degli alberi dominanti. Priorità più elevata dovrebbe essere data agli interventi volti a favorire l'insediamento della rinnovazione e a quelli in soprassuoli maturi, uniformi, con abbondante provvigione ed elevata percentuale di conifere, che sono particolarmente vulnerabili nei confronti dei venti tempestosi.

Altre misure preventive, raramente attuate in Italia ma suggerite in Paesi dove il disturbo da vento è frequente, sono:

- eseguire i tagli di utilizzazione per strisce successive, in modo che i popolamenti più giovani sopra vento forniscano graduale protezione a quelli più maturi alle loro spalle;
- in boschi ben strutturati e non troppo densi, effettuare un diradamento in una striscia larga un'altezza d'albero lungo il margine (*edge feathering*), rilasciando gli individui più stabili e tutti quelli morti in piedi o inclinati.

3.7.3 Ricostituzione post-disturbo

Nel valutare la dinamica di ricostituzione di un popolamento di protezione in seguito a danni da vento è necessario comprendere quali siano i tempi della ricostituzione arborea valutando tutti i fattori in gioco: composizione specifica, quota, esposizione, tipo di suolo, disponibilità idrica, parametri climatici (precipitazioni, siccità), innevamento, disturbi al suolo (erosione, movimenti della neve), annate di pasciona, distanza delle piante portaseme, prerinnovazione esistente, competizione della vegetazione erbacea, carico degli ungulati selvatici.

Se, prima del disturbo, la foresta era composta da soprassuoli misti strutturati e già avviati alla rinnovazione, dovrebbero esistere dopo lo schianto gruppi di prerinnovazione ben differenziati, accompagnati da singoli alberi appartenenti agli strati intermedio e inferiore. I collettivi restanti influiscono positivamente sul microclima e sulle possibilità di insediamento della rinnovazio-



Figura 3.22 Evoluzione nel tempo dell'efficacia protettiva in un'area danneggiata da una tempesta. A seconda dell'intensità dell'intervento di sgombero, delle dimensioni e del grado di decomposizione del legname a terra, il grado di protezione offerto dalla necromassa (fascia rossa) può essere più o meno elevato. Il nuovo soprassuolo che s'insedia riprende progressivamente i compiti di protezione con un'intensità che dipende sia dalla prerinnovazione, che dalle condizioni di sementazione e di insediamento durante e dopo l'evento. Se la rinnovazione è insufficiente, l'evoluzione del bosco di protezione può essere accelerata per mezzo di rimboschimenti (UFAM, 2008).

ne. Quando sono già presenti nuclei di rinnovazione e anche portaseme appartenenti a specie adatte alla stazione, i processi di rinnovazione del bosco avvengono rapidamente. Specialmente nelle foreste con particolare vocazione protettiva, all'interno delle quali è indispensabile garantire una copertura boschiva permanente, la presenza di circostanze simili rappresenta senza dubbio un vantaggio. Il tempo necessario al ripristino del ruolo protettivo di un popolamento interessato da schianti da vento dipende dalla prerinnovazione presente, dalla dinamica di insediamento della rinnovazione post-schianto e dal ruolo protettivo del legname a terra (Figura 3.22).

Con il passare del tempo il ruolo protettivo dei tronchi a terra e ceppaie tende a ridursi (Tabella 3.2); a questa riduzione deve

Tabella 3.2

Durata indicativa dei tempi di decomposizione del legname atterrato da vento per specie

Specie	Durata media della decomposizione	Caratteristiche del campione analizzato
Abete rosso	55-150 anni	Nei boschi di conifere boreali - può valere anche per i boschi montani. Legname morto a terra. Diametri medi maggiori a 25 cm
Abete bianco, pini, larice	> 50 anni	Diametri grossi. Durata della decomposizione: abete < pini < larice
Faggio, aceri, frassino, tigli	30 anni	Ben decomposto in caso di contatto continuo con il suolo. Diametri del legname da tempesta di ca. 40-50 cm
Querce	> 150 anni	In ogni caso > dell'abete rosso

quindi essere affiancato l'aumento del ruolo protettivo del popolamento post-schianto. Se la dinamica naturale di insediamento e sviluppo della rinnovazione non può garantire il ruolo protettivo nelle dovute tempistiche, può essere necessario intervenire con **opere di rimboschimento** per velocizzare il processo di ricostituzione (Box 3.3) e/o, in alternativa, con la costruzione di opere di difesa. Il rimboschimento andrà accompagnato da misure di protezione efficaci contro la reptazione della neve e il brucamento da parte degli ungulati selvatici. La scelta delle specie, delle densità e della disposizione spaziale dovrà garantire sia un rapido recupero del ruolo protettivo, sia una buona resistenza a eventuali nuovi danni da vento.

3.7.4 Gestione della necromassa

Nel caso degli schianti, l'insediamento di nuova rinnovazione può essere favorito dalla presenza dei **tronchi a terra** e delle

Box 3.3

Lo schianto e il rimboschimento di Peyra Grossa (Salbertrand, Torino)



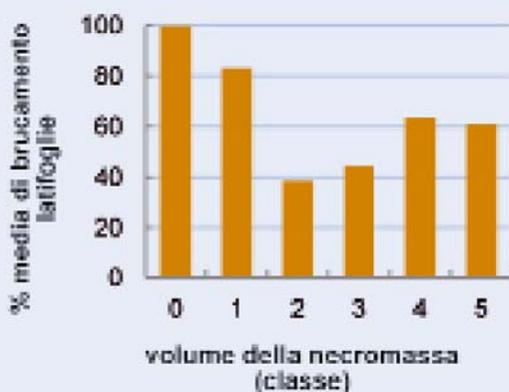
L'area interessata il 27 febbraio 1990 dall'uragano Vivian è sita in località Peyra Grossa, all'interno del Parco Naturale Regionale del Gran Bosco di Salbertrand. Il tipo forestale colpito è in larga parte l'Abetina eutrofica, ora classificata come "Abetina eutrofica danneggiata da eventi naturali" e, marginalmente, l'Acero-tiglio-frassineto e il Lariceto montano, variante a latifoglie miste. Nell'aprile 1990 il materiale schiantato (35 ha su 4 particelle forestali, per un volume stimato di circa 7.000 m³ netti e 8.000 piante), venne assegnato a una ditta boschiva. Data la carenza di rinnovazione naturale nei primi anni dopo lo schianto, nel 2005 si eseguì un intervento di **rimboschimento**. Questo interessò la parte Sud-Ovest dello schianto e venne eseguito con larice, abete rosso e abete bianco messi a dimora a gruppi e protetti da recinti metallici, data la fortissima pressione degli **ungulati selvatici**. Attualmente la rinnovazione naturale insediatasi (larice alle quote superiori, betulla a quelle inferiori) ha preso il sopravvento su quella artificiale. Allo scarso successo dell'insediamento di quest'ultima si sono aggiunti significativi danni da neve ai recinti, che hanno reso sensibile ai danni da ungulati anche le piantine messe a dimora.

L'ampio gradiente altitudinale dell'area schiantata (1.130-1.630 m s.l.m.) è stato utilizzato come **area di studio** per simulare le variazioni di temperatura e precipitazioni previste dagli scenari di cambiamento climatico. L'obiettivo è di analizzare l'effetto della quota sulla composizione, la densità e l'accrescimento della rinnovazione post-schianto. La ricerca è in corso; i risultati preliminari evidenziano la prevalenza della betulla alle quote inferiori e del larice a quelle superiori in tutti gli strati di vegetazione e la maggiore ricchezza specifica dei semenzali rispetto alla rinnovazione affermata. La quota è inoltre risultata correlata con il volume e la classe di decomposizione della necromassa.

ceppaie in vario modo. Il legno in decomposizione rappresenta un ottimo substrato di germinazione. I tronchi a terra mitigano le condizioni microstazionali grazie al parziale ombreggiamento, all'anticipato scioglimento della neve, alla riduzione dell'evapotraspirazione del suolo nelle immediate vicinanze e al mantenimento del suolo fine e delle acque superficiali. Su pendenze ridotte e con tronchi stabili sul terreno, il legname può svolgere anche un ruolo protettivo nei confronti della rinnovazione presente, ad esempio trattenendo o deviando i massi (quando posti a monte di un nucleo) o mitigando la reptazione della neve. Un ruolo protettivo è svolto, in modo indiretto, nei confronti di eventuali danni da brucamento da parte degli ungulati selvatici poiché i tronchi atterrati, rappresentando un ostacolo al movimento, riducono la frequentazione di queste aree (Box 3.4). Al contrario, in situazioni caratterizzate da elevate pendenze e legname instabile, il rischio principale è quel-

Box 3.4

Lo schianto di Issard (Bardonecchia, Torino)



Lo schianto nell'Abetina endalpica di Issard (Vallone di Rochemolles, Bardonecchia) è avvenuto il 27 febbraio 1990 a opera dell'uragano Vivian, i cui venti soffiavano da Sud-Ovest incanalandosi nella valle. Lo schianto è stato parziale e la rinnovazione si è già affermata in tutte le aperture. Dall'interpretazione dell'ortofoto del 2006, la superficie interessata è risultata essere 5,81 ha, a quote comprese tra 1.474 e 1.624 m s.l.m. con esposizione prevalente Nord-Ovest. La necromassa* risultante dallo schianto non è stata esboscata, il che rende il sito uno dei pochi esempi di evoluzione naturale post-schianto in Piemonte. Secondo uno schema di campionamento casuale sono state insediate 34 aree di saggio allo scopo di analizzare il processo di ricostituzione naturale e i suoi principali fattori determinanti e di verificare se la necromassa a terra abbia facilitato l'insediamento dei semenzali. Lo schianto ha interessato soprattutto gli individui maturi di abete rosso e abete bianco, tanto che oggi la distribuzione diametrica di queste specie si interrompe a 30 cm, mentre ha risparmiato il larice e il pino silvestre. Molti abeti rossi della prerinnovazione si sono affermati in seguito allo schianto, insieme alle latifoglie eliofile (sorbo degli uccellatori e salicone) e a quelle che hanno ricacciato dalle ceppaie. Tra i semenzali la

specie più abbondante è il sorbo, seguito dall'abete rosso (fino a 100.000 piantine/ha). L'acero di monte e l'abete rosso hanno mostrato di preferire le **ceppaie ribaltate** come siti di germinazione, l'abete bianco invece le micro-concavità. L'intensità di **brucamento** sulle latifoglie aumenta significativamente nelle aree con scarsi volumi di necromassa.

lo legato al movimento continuo dei tronchi verso valle con il conseguente danneggiamento delle piantine. Nel valutare la necessità di allestire o esboscare gli alberi morti in piedi e la necromassa al suolo, è necessario analizzare le interazioni esistenti tra questo elemento e il pericolo naturale presente:

- **valanghe:** se le radure createsi dopo lo schianto superano determinate dimensioni (Tabella 3.3), l'effetto protettivo non è più garantito. Tuttavia i tronchi a terra, le ceppaie sradicate e gli spezzoni di alberi rimasti in piedi contribuiscono a disaggregare il manto nevoso, tanto che difficilmente si creano strati di neve estesi, continui e omogenei. L'efficacia dei tronchi nell'assolvere un ruolo protettivo contro il distacco aumenta con l'altezza dei tronchi rispetto al suolo (Figura 3.23), il diametro e il grado di radicazione al suolo dopo il ribaltamento. L'altezza efficace dei tronchi a terra può raggiungere anche i 2-3 m, ma è necessario che la distanza tra loro non sia superiore a 20 m. La disposizione trasversale dei tronchi rispetto alla massima pendenza del pendio ne aumenta inoltre l'azione protettiva. Quando però lo schianto ha interessato versanti con pendenze superiori a 45° (100%), è possibile che il movimento del manto nevoso causi il trascinarsi verso valle di tutta la massa, con il rischio non solo di un aggravamento dei danni, ma anche di occlusione di alvei o danni a strutture poste a valle (Figura 3.24);
- **caduta massi:** i tronchi atterrati dal vento e le ceppaie troncate oltre il metro di altezza rappresentano un ostacolo al movimento dei massi nella zona di transito e di accumulo. Negli anni successivi all'evento, a seconda della velocità della decomposizione del legno, i tronchi sul terreno sono capaci di rallentare il movimento dei massi, soprattutto se disposti diagonalmente rispetto al pendio, o arrestarne la caduta, se posti trasversalmente. Particolare attenzione deve essere posta però nel caso in cui lo schianto sia avvenuto nella zona di distacco; in questo caso le pietre imbrigliate nelle radici delle ceppaie possono essere messe in movimento in seguito alla decomposizione di queste o per movimento

Tabella 3.3

Dimensioni critiche di una radura in un bosco con funzione di protezione contro le valanghe.

Lunghezza critica della radura (lungo la massima pendenza)	> 50 m > 30 m	con 35° (70%) di pendenza del terreno con 45° (100%) di pendenza del terreno
Larghezza critica della radura (perpendicolarmente alla massima pendenza)	> 15 m > 5m	in un bosco di specie sempreverdi in un bosco di specie a foglia caduca
Grado di copertura del bosco critico	< 50%	unità di valutazione minima: 1 ha compresi i soprassuoli vicini e le radure

dell'intera pianta lungo il pendio. Qualora si decidesse di non esboscare il legname a terra, è consigliabile non sramare né scortecciare i fusti (valutando l'eventuale rischio di pullulazioni di Scolitidi) e sezionare i tronchi mantenendo le ceppaie unite a un toppo di alcuni metri, per evitarne il rotolamento. Nel valutare la possibilità di non intervenire con l'esbosco, è necessario comunque comprendere l'entità del rischio prodotto da un eventuale accumulo di massi a monte dei tronchi (effetto diga); la decomposizione del legname può infatti dare origine a una nuova movimentazione verso valle delle pietre. Il monitoraggio del fenomeno nel tempo potrà permettere di ipotizzare interventi con finalità protettive, anche localizzati, come la creazione di nuove barriere di legno poste a valle di quelle in decomposizione o di strutture temporanee a monte degli obiettivi da proteggere. Gruppi di piante in rinnovazione, poste a valle delle barriere in decomposizione, possono assolvere nel medio termine un ruolo protettivo di trattenuta o rallentamento della velocità dei massi, compatibilmente con le dimensioni di questi e con la pendenza del versante;

- **erosione:** l'azione protettiva da parte di un popolamento schiantato è esercitata principalmente dall'effetto stabilizzante delle radici di piante troncate o sradicate. Nonostante frane e smottamenti avvengano su piani di scorrimento da profondi a mediamente profondi, le radici possono esercitare un'azione di coesione del suolo, mentre le ceppaie sradicate ostacolano il deflusso superficiale e quindi l'ero-

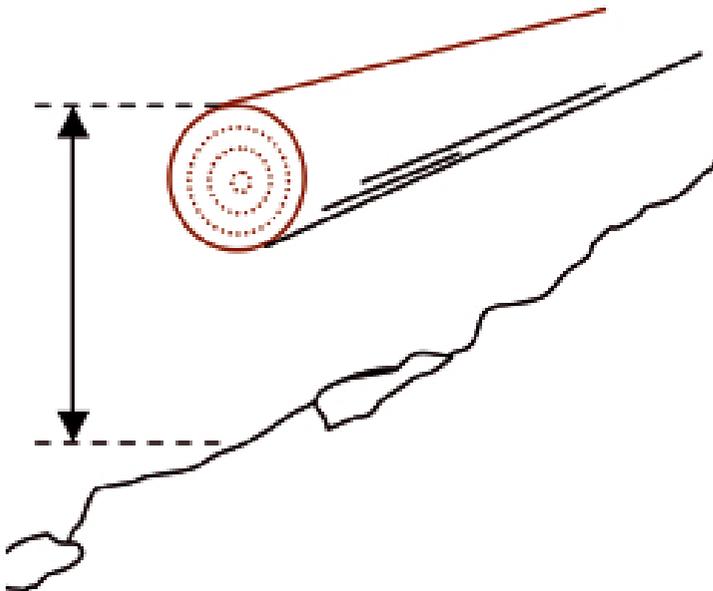


Figura 3.23 Con il termine di "altezza efficace" si indica l'elevazione media del punto superiore dei tronchi, misurata verticalmente rispetto al suolo. Si tratta della fascia all'interno della quale il legname disteso al suolo esercita un effetto stabilizzante sulla coltre nevosa, premesso comunque che l'altezza efficace non presenti lacune e sia ben distribuita all'interno delle zone più ripide di 30° (58%) (UFAM, 2008).

sione. Entrambe sono comunque azioni limitate nel tempo in seguito all'avanzare del processo di decomposizione; la ricolonizzazione e la pronta copertura del suolo da parte di specie erbacee e arbustive prima, e di rinnovazione forestale poi, assumono quindi un'importanza fondamentale.

Nel valutare la possibilità di rilasciare o meno il legname a terra è necessario verificare l'influenza che questo può avere sulle acque in superficie e negli strati superficiali del suolo. In popolamenti danneggiati da vento su versanti a rischio di frane o smottamenti, la rimozione della necromassa è consigliabile al fine di evitare la formazione di masse franose composte da terra e tronchi, di difficile sgombero successivo e potenziale causa di occlusione degli alvei posti a valle. Anche la tecnica di esbosco diviene, nelle situazioni più critiche da un punto di vista della stabilità dei versanti, una scelta

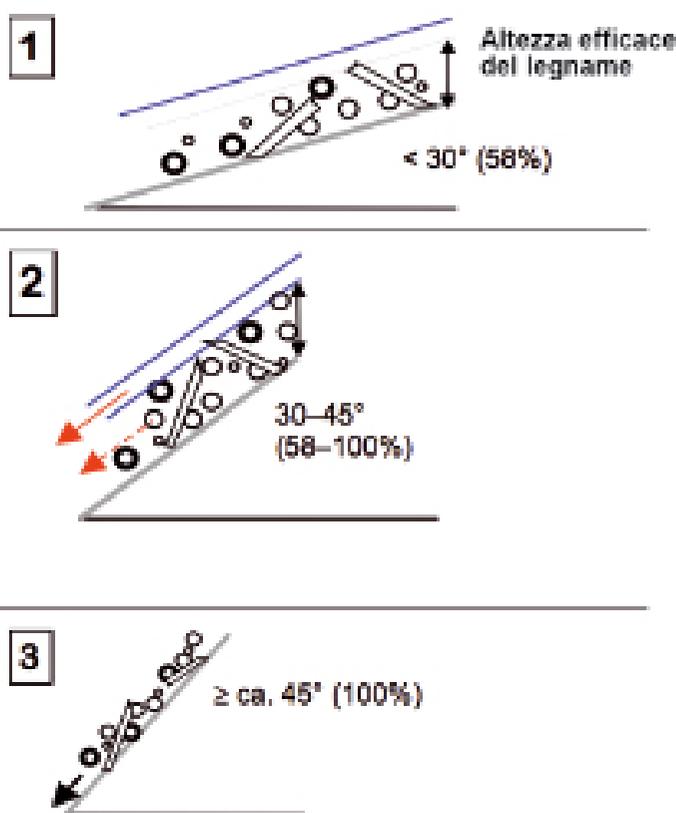


Figura 3.24 Stabilità della coltre nevosa in funzione della pendenza del terreno e dell'altezza efficace del legname abbandonato al suolo. (1) Con pendenze fino a 30° (58%) non bisogna temere il distacco di valanghe neppure se gli spessori della neve superano l'altezza efficace del legname di oltre 50 cm. (2) Con pendenze superiori a 30° (58%), e con una copertura di neve fresca che supera di 50 cm l'altezza utile del legname, sono da prevedere distacchi di valanghe. (3) In caso di pendenze ancora più ripide, lo strato di legname è talmente instabile al punto da mettersi in movimento anche senza un'ulteriore pressione della neve. A partire da pendenze superiori a circa 50° (120%) la neve si scarica progressivamente dai pendii, impedendo in tal modo la formazione di valanghe importanti (UFAM, 2008).

importante; lo strascico dei tronchi a terra o la creazione di piste di esbosco può infatti causare la compattazione del suolo, così da innescare fenomeni erosivi superficiali o modifiche al normale deflusso delle acque in profondità. In tali casi l'esbosco con elicottero o gru a cavo può rappresentare l'unica soluzione praticabile. Quando i suoli sono già compattati, la messa a dimora di piantine con elevata capacità fittonante può contribuire localmente ad accelerare la ricostituzione del popolamento.

La decisione di sgomberare o meno la necromassa deve tener conto di ulteriori fattori. Tralasciando quelli economici, naturalistici (habitat) e turistico-ricreativi, che devono essere valutati caso per caso, lo schianto incrementa il carico di combustibile. Questo ha conseguenze sulla probabilità del verificarsi non solo di incendi ma anche di altri disturbi naturali a partire dalla diffusione degli **Scolitidi** (Vedi Paragrafi 5.8 e 5.12).

Le valutazioni sull'intervento di ripristino sono, nel caso degli Scolitidi, fortemente influenzate da composizione specifica del soprassuolo, proporzione tra legno radicato e schiantato, esposizione, estensione della superficie, quota, fattori climatici. In caso di superfici estese, o quando è consigliabile non esboscare la necromassa, è possibile scortecciare e allestire i tronchi sul posto. In Svizzera sono state formulate linee guida per l'esbosco della necromassa danneggiata da tempesta in boschi di abete rosso. Anche il pino silvestre è suscettibile ad attacchi di Scolitidi. Secondo tale documento, lo sgombero del legname per motivi fitosanitari **non è urgente** se almeno una delle seguenti condizioni è verificata (Figura 3.25):

- non è possibile esboscare tempestivamente o scortecciare almeno l'80% del legname di abete rosso danneggiato;
- la percentuale di abete rosso (diametro > 30 cm) nei soprassuoli circostanti (entro 1.000 m) è inferiore al 20%;
- la densità di abeti rossi all'interno dei soprassuoli confinanti (entro 1.000 m) è ridotta rispetto a quella dei fusti danneggiati da esboscare;
- la percentuale di abete rosso (diametro > 30 cm) all'interno del bosco danneggiato è inferiore al 20%.

Se occorre prevenire una pullulazione di Scolitidi ma, per varie ragioni, risulta necessario lasciare in piedi i fusti danneggiati (garantire protezione dalla caduta massi, evitare danni alla pre-rinnovazione, abbattimento impossibile per le condizioni stagionali e di operatività), una misura alternativa è la **cercinatura** dei fusti deperienti, cioè l'incisione di un anello che determini la morte del cambio e quindi la rapida essiccazione della pianta in piedi, che risulterebbe quindi poco attrattiva per l'ovideposizione (Figura 3.26). La **priorità degli interventi** nelle aree oggetto di interventi fitosanitari (allestimento o sgombero della necromassa) deve essere assegnata alle esposizioni Sud e Ovest e alle aree confinanti con Peccete di età media superiore ai 50 anni. Le aperture di dimensioni minori (< 2 ha) sono quelle più

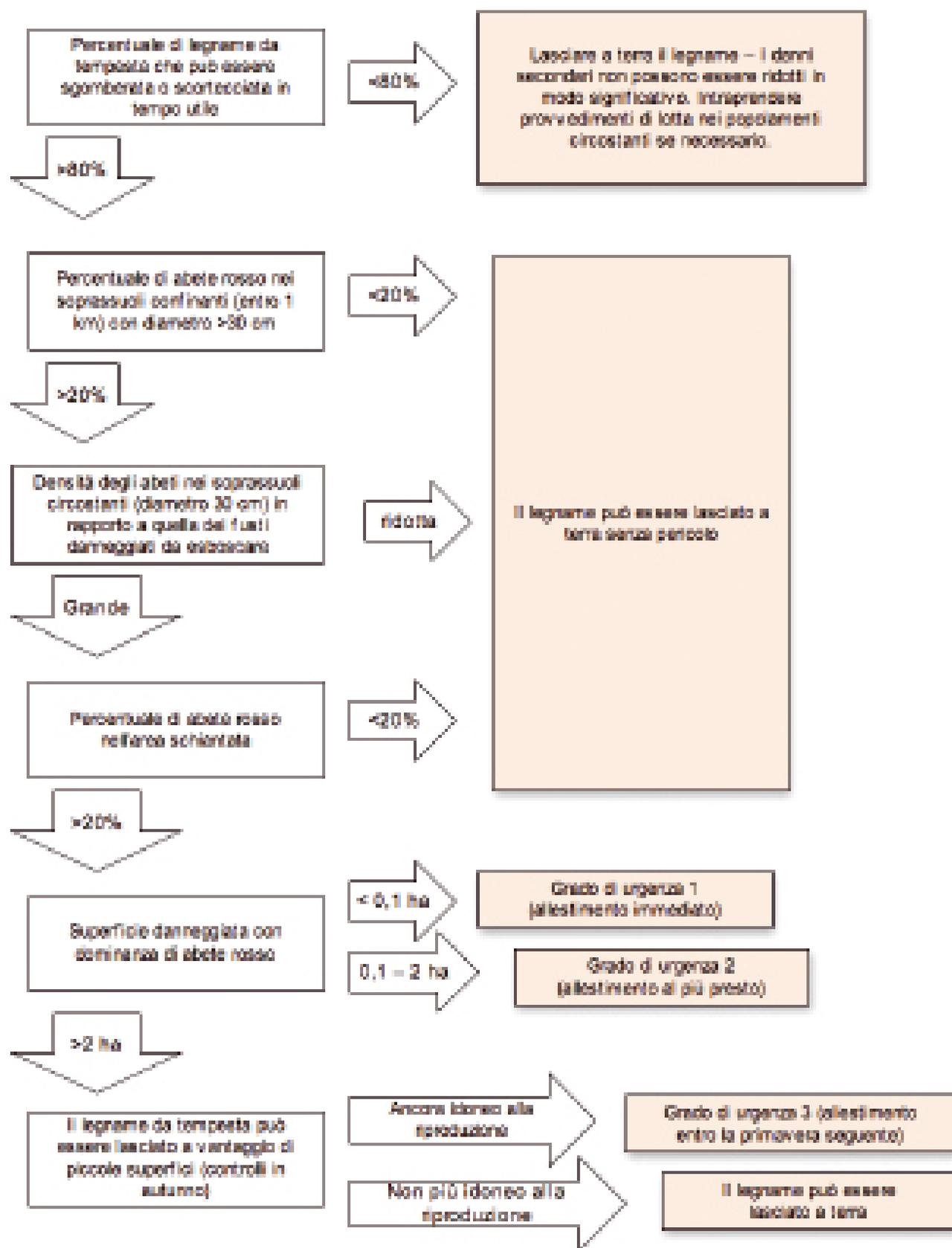


Figura 3.25 Schema decisionale per definire la priorità dei lavori di allestimento del legname danneggiato da tempesta in funzione del rischio di pullulazioni di Scolitidi (UFAM, 2008).

critiche, perché il legname a terra rimane ombreggiato a lungo e può rappresentare un sito preferenziale per la riproduzione degli Scolitidi. Nei boschi di abete rosso le aperture inferiori a 2 ha, e in particolar modo quelle inferiori a 0,1 ha, devono quindi essere oggetto dei provvedimenti più urgenti. Tali zone possono anche essere efficacemente utilizzate come aree di cattura se i tronchi trappola sono tempestivamente esboscati o scortecciati. Anche i margini di nuova formazione nei boschi di abete rosso esposti a Sud e Ovest sono particolarmente minacciati, a causa dei rischi di danni da ustione e di periodi anomali di siccità. A seguito del riscaldamento del clima, la probabilità che soprassuoli danneggiati dalle tempeste siano interessati da condizioni favorevoli alla pullulazione di Scolitidi sono maggiori (Vedi Capitolo 5). Altre misure atte a prevenire localmente la pullulazione di Scolitidi sono la striatura con motosega del legname lasciato a terra oppure la refilatura dei nodi molto ravvicinata al tronco, che comporti anche l'asportazione di parte della corteccia (procedimenti abbastanza economici che velocizzano l'essiccazione del legname). Inoltre, la disposizione dei rami grossi sotto quelli fini in catasta può diminuire la propagazione degli Scolitidi nella stessa.



Figura 3.26 Esempio di cercinatura (Morgex, Valle d'Aosta)



Neve e valanghe

La neve è uno dei fattori abiotici più importanti tra quelli che regolano la dinamica delle cenosi forestali alpine. I movimenti veloci (valanghe) e lenti (*snow gliding*) del manto nevoso e gli schianti da sovraccarico possono tradursi in importanti fattori di disturbo, capaci di minare la stabilità delle foreste di protezione con estensione dipendente dalle caratteristiche stagionali e del popolamento stesso. Una corretta gestione selvicolturale deve essere dunque affiancata da analisi storiche e climatiche per velocizzare il ripristino del soprassuolo forestale danneggiato e/o intervenire sulle condizioni predisponenti, per evitare che in futuro possano innescarsi processi di disturbo.

4.1 Valanghe

4.1.1 Descrizione generale del disturbo

La definizione e la classificazione delle differenti tipologie di valanghe sono state trattate in dettaglio in Regione Autonoma Valle d'Aosta e Regione Piemonte (2006).

4.1.2 Analisi storica del disturbo

L'analisi storica degli eventi valanghivi che hanno interessato le Alpi piemontesi e valdostane, condotta attraverso la consultazione di dati d'archivio, monografie e articoli di giornale d'epoca, ha permesso di stimare il ripetersi di eventi particolarmente gravi all'incirca ogni 20-30 anni: tra gli ultimi inverni a maggior criticità si ricordano quelli del 1950/51, 1971/72, 1977/78, 1985/86 e 2008/09. In Piemonte, la sola stagione 2008/09 è stata caratterizzata da un numero molto significativo di eventi valanghivi (pari a 347), dei quali il 29% ha arrecato danni alle superfici forestali. Da una recente analisi dei dati storici riportati nel Catasto Valanghe del Piemonte e nel Catasto Valanghe della Valle d'Aosta è emerso che in un elevato numero di siti valanghivi, rispettivamente il 23% (su un totale di 1826) e il 35%

(su un totale di 1010), sono stati registrati eventi che hanno provocato danni alle superfici forestali.

4.1.3 Distribuzione del disturbo

La possibilità che si verifichi un distacco di **lastroni di neve** si osserva in modo particolare con temperature basse, quando entro un intervallo relativamente breve di tempo (in genere tre giorni) cadono quantitativi di neve fresca considerevoli oppure vi sono accumuli di neve trasportata dal vento. Sulle Alpi condizioni simili si verificano piuttosto raramente al di sotto dei 1.000-1.200 m s.l.m. Con l'aumento della quota aumenta generalmente anche la probabilità che avvenga il distacco di valanghe. Valanghe di **neve a debole coesione e bagnate** sono la tipologia più frequente a quote comprese tra gli 800 e i 1.200 m s.l.m.. Oltre alle caratteristiche puntuali che caratterizzano una singola area valanghiva (Paragrafo 4.1.4), la distribuzione e le caratteristiche delle perturbazioni possono fornire alcune informazioni su scala regionale. Perturbazioni provenienti da Sud solitamente provocano nevicate più intense sui settori alpini prossimi alla Pianura Padana e nelle valli con orientamento Nord-Sud (zona del Monte Rosa, basse valli torinesi, valli del Cuneese, Alpi Marittime, Alpi Liguri e Ossolano). Perturbazioni provenienti dai quadranti Nord-occidentali apportano maggiori quantitativi di neve nei settori alpini più interni, prossimi alle creste di confine con la Francia e la Svizzera (zona del Monte Bianco, alte valli torinesi). Considerata la vasta distribuzione spaziale delle aree valanghiva, risulta difficile identificare quale popolamento forestale sia maggiormente vulnerabile; tuttavia nelle regioni alpine occidentali sono interessate da valanghe principalmente Peccete, Larici-Cembreti, Abetine, Pinete di pino silvestre e pino montano e, talora, Faggete. Questi popolamenti si trovano a quote altimetriche più basse e sono quindi interessati unicamente da eventi di notevole magnitudo e meno frequenti.

4.1.4 Fattori predisponenti

- **Inclinazione del pendio:** è uno dei principali fattori topografici predisponenti al distacco valanghe (Tabella 4.1). La pendenza critica può subire variazioni in funzione delle condi-

Tabella 4.1

Relazione tra tipologia di valanghe e pendenza della zona di distacco (McCLUNG e SCHAERER, 1996 modificato).

Pendenza	Tipo di valanga
60°-90°	Le valanghe sono rare; frequente formazione di colate di neve di piccole dimensioni
45°-60°	Frequenti valanghe di lastroni di piccole dimensioni e valanghe di neve asciutta a scarsa coesione
35°-45°	Valanghe a lastroni di ogni dimensione. Possibili valanghe di neve asciutta a scarsa coesione
25°-35°	Valanghe di lastroni (spesso grandi) non frequenti; valanghe di neve bagnata a debole coesione
10°-25°	Valanghe di neve bagnata e neve fradicia, non frequenti

zioni nivologiche. A titolo di esempio i dati del Catasto Valanghe della Regione Valle d'Aosta indicano che l'85% delle valanghe censite si è originato su pendii con pendenza superiore ai 30°; in particolare il 39% delle valanghe si sono staccate su pendii compresi tra i 30° e i 40° e il 32% tra i 40° e i 50°.

- **Orientazione rispetto ai venti dominanti e topografia locale:** i pendii esposti a forti venti dominanti sono quelli che maggiormente risentono della formazione di accumuli nevosi; questa situazione di potenziale instabilità è frequente nei versanti sottovento, in prossimità di creste e dorsali. A titolo di esempio, in occasione di forti venti di caduta (föhn) con direzione compresa tra i quadranti Nord e Ovest, i pendii maggiormente soggetti a riporto di neve sono quelli esposti tra Sud ed Est. Tuttavia, all'interno di una stessa valle il vento dominante può subire accelerazioni o decelerazioni o bruschi cambiamenti di direzione. In queste condizioni possono crearsi accumuli instabili di neve, talvolta di dimensioni rilevanti, anche in aree meno estese sul versante, ad esempio in corrispondenza di dossi e impluvi o nelle radure presenti all'interno di una superficie boscata.
- **Orientazione rispetto al sole:** gli effetti dell'irraggiamento, variabili in funzione dell'esposizione al sole, producono effetti sulle temperature e sul metamorfismo del manto nevoso, influenzandone la stabilità. Il manto nevoso nei pendii in ombra riceve basse intensità di radiazione solare diretta ed è caratterizzato da lenti processi di stabilizzazione nei periodi invernali. In questo caso, si assiste con discreta frequenza all'instaurarsi di un metamorfismo di tipo costruttivo, con la formazione di cristalli sfaccettati o a calice negli strati profondi del manto nevoso, creando così un potenziale piano di scorrimento. I pendii soleggiati ricevono invece elevate intensità di radiazioni solari dirette che, nel periodo invernale, contribuiscono ad accelerare i processi di consolidamento del manto nevoso. A fine inverno e inizio primavera, a seguito dell'incremento della temperatura dell'aria, il manto nevoso inizia a inumidirsi e a perdere coesione raggiungendo condizioni critiche per la stabilità.

4.1.5 Magnitudo, frequenza ed estensione

Distribuzione	Sono interessate le foreste di protezione presenti nelle zone di distacco, scorrimento e accumulo
Estensione	Da poche decine di m ² fino ad alcuni ettari, nel caso di eventi estremi
Tempo di ritorno	Eventi con maggiore tempo di ritorno hanno una magnitudo più elevata. Strumenti di previsione: Bollettino Valanghe integrato con analisi locale di dettaglio
Magnitudo	Una pressione d'impatto di 10-50 kPa è generalmente sufficiente a provocare lo sradicamento di alberi maturi

Severità

Gli alberi coinvolti in zona di scorrimento o accumulo possono essere spezzati o sradicati

4.1.6 Effetti ecologici del disturbo

Le **pressioni d'impatto** provocate da una valanga, espresse in Pascal (Pa) o in t/m^2 , sono proporzionali al quadrato della velocità e alla densità della massa nevosa. Di solito sono registrate pressioni d'impatto maggiori nelle valanghe radenti e i massimi valori (di qualunque tipologia valanghiva) sono raggiunti in prossimità del fronte, solitamente nei primi secondi d'impatto. In funzione delle dimensioni della valanga e del dislivello percorso, le pressioni d'impatto della massa di neve possono essere comprese fra 1 e 1.000 kPa (Tabella 4.2). Una singola valanga può distruggere da pochi alberi fino a 100 ha di foresta in funzione della sua dinamica, del tempo di ritorno e delle caratteristiche morfologiche della zona di scorrimento e accumulo. Una piccola valanga può aumentare la capacità distruttiva qualora il flusso sia confinato in una sezione più stretta come un canale.

Gli **effetti di una valanga sul singolo albero** sono strettamente correlati all'altezza, al diametro e alla flessibilità del fusto associabile alle caratteristiche delle differenti specie. Piccoli alberi, di altezza inferiore ai 5 m, sono solitamente caratterizzati da elevata elasticità e, piegandosi, possono sopportare le pressioni esercitate dalla massa di neve in movimento. I diametri a petto d'uomo critici per le più comuni specie arboree della fascia subalpina sono quelli compresi tra 6 e 14 cm (i valori più elevati sono riscontrati nei generi *Betula*, *Alnus*, *Acer* o *Salix*): in questo intervallo il fusto tende a spezzarsi completamente. La rottura parziale del fusto avviene con diametri leggermente superiori, ad esempio tra i 15 e i 20 cm, per abete rosso, larice o pino cembro. Il punto di rottura del fusto lungo il tronco è solitamente situato a un'altezza inferiore ai 2 m. Tuttavia, in caso di valanghe nubiformi, la rottura può avvenire ad altezze decisamente superiori. Nel caso di superfici forestali interessate

Tabella 4.2

Classificazione del potenziale distruttivo delle valanghe (McCLUNG e SCHAEERER, 1996).

Potenziale distruttivo	Valori medi		
	Massa (t)	Dislivello (m)	Pressione d'impatto (kPa)
Relativamente innocua	<10	10	1
Può seppellire, ferire o uccidere una persona	100	100	10
Può seppellire un'automobile, danneggiare un camion, distruggere una piccola abitazione o spezzare pochi alberi	1.000	1.000	100
Può distruggere un vagone ferroviario, diversi edifici o un bosco fino a 4 ha di dimensioni	10.000	2.000	500
Può distruggere un villaggio o un bosco di 40 ha	100.000	3.000	1.000

da valanghe nubiformi, gli alberi di maggiori dimensioni sono quelli che solitamente presentano danni più evidenti a causa di una maggiore superficie della chioma. I valori di pressione critici per la rottura del fusto sono stati prevalentemente desunti da modelli teorici e osservazioni sul campo: essi dipendono dal diametro e sono compresi tra i 10 e i 50 kPa per **valanghe radenti**, mentre valori solitamente inferiori di 3-5 kPa sono tipici delle **valanghe nubiformi** in quanto quest'ultime coinvolgono con la loro forza d'impatto anche la chioma. È interessante sottolineare come suddette forze siano riscontrabili anche per valanghe relativamente piccole, con uno sviluppo della zona di scorrimento appena superiore ai 50 m: queste possono provocare pressioni d'impatto sufficienti alla rottura o allo sradicamento degli alberi. Oltre che in base all'altezza della pianta e alla dimensione del fusto, il tipo di danno può variare significativamente in funzione delle caratteristiche specifiche e della dinamica della valanga. È opportuno ricordare, ad esempio, che l'apparato radicale dell'abete rosso è meno profondo di quello del larice: nella prima specie l'effetto di una valanga aumenta il rischio di sradicamenti (anche sui versanti opposti alle aree valanghive, a causa del soffio); nella seconda specie, invece, sono più frequenti rotture del fusto. In aree valanghive caratterizzate da dimensioni molto estese e/o tempi di ritorno relativamente brevi, i tassi di sopravvivenza, di accrescimento e il portamento dei fusti risultano fortemente condizionati dall'attività valanghiva. La risposta del popolamento forestale al passaggio di una valanga può quindi tradursi in: aumento della complessità strutturale e compositiva, maggiore numero d'individui a portamento prostrato o con chioma a bandiera, diametri e altezze inferiori, tassi d'accrescimento annui più lenti, dominanza di specie eliofile e minori densità di piante/ha.

Le valanghe sono importanti agenti modificatori del paesaggio e in alcuni casi possono abbassare il **limite superiore del bosco**, al di sotto di quello teoricamente imposto dalle condizioni climatiche locali. Da un punto di vista ecologico, le zone di scorrimento e accumulo delle valanghe sono caratterizzate da una maggiore biodiversità e da una maggiore ampiezza delle nicchie ecologiche: si tratta di un aspetto importante da considerare con attenzione nei boschi lasciati a libera evoluzione.

4.1.7 Indirizzi gestionali

Gli strumenti più idonei a definire in dettaglio le zone esposte al pericolo di valanghe sono il Catasto Regionale Valanghe per la Regione Autonoma Valle d'Aosta, gestito dall'Ufficio Neve e Valanghe, e il Servizio Informativo Valanghe (SIVA) per la Regione Piemonte, gestito dall'ARPA Piemonte. I dati catastali includono supporti cartografici (Figure 4.1 e 4.2) e schede anagrafiche di rilevamento di tutte le valanghe registrate nel corso degli anni in un determinato ambito territoriale. Sono altresì individuate, mediante fotointerpretazione di aerofotogrammi

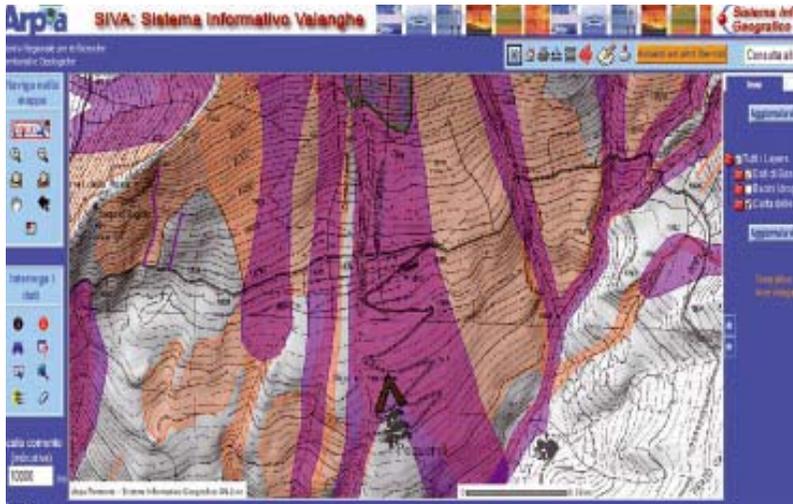


Figura 4.1 Stralcio della Carta di Localizzazione Probabile delle Valanghe (CLPV) in Piemonte (http://webgis.arpa.piemonte.it/websitelgeo_dissesto/w_arpa_ib_valanghe/viewer.htm): in viola le valanghe documentate, in arancione le aree individuate mediante foto interpretazione.

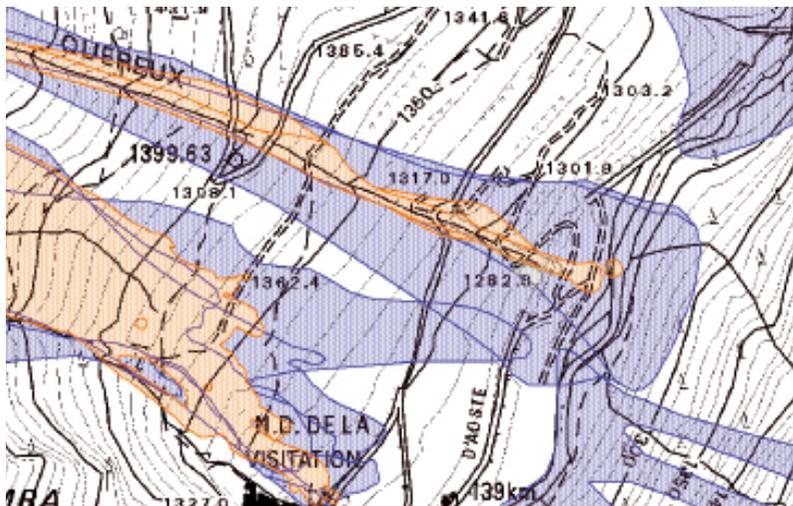


Figura 4.2 Stralcio del Catasto Valanghe della Regione Valle d'Aosta: in blu la perimetrazione desunta da analisi storica; in arancione la perimetrazione realizzata mediante sopralluoghi dettagliati (stagione 2009/10). Fonte: Ufficio Neve e Valanghe - Regione Autonoma Valle d'Aosta.

estivi, le aree potenzialmente interessate da eventi valanghivi e per le quali non esiste testimonianza di eventi passati.

Nell'ambito della pianificazione territoriale è necessario procedere alla corretta perimetrazione dell'area valanghiva qualora non sia già presente sui supporti cartografici regionali (es. piccole aree valanghive lontane da abitati o infrastrutture). Occorre quindi considerare la relazione che lega l'intensità di un evento, esprimibile principalmente in termini di distanza di arresto, e il tempo di ritorno. La **relazione tra distanza di arresto e tempo di ritorno** di una valanga può essere determinata attraverso due approcci distinti:

- metodi basati sull'analisi statistica dei dati storici di distanza d'arresto;

- metodi basati sull'applicazione di modelli di dinamica delle valanghe.

I **modelli di dinamica** possono essere utilizzati per determinare la distanza di arresto e le pressioni d'impatto di una valanga con un determinato periodo di ritorno (legato allo spessore di distacco, definito in modo statistico). Di conseguenza, il tempo di ritorno di una valanga può essere legato sia a variabili tipiche della zona di arresto (distanza di arresto), sia a variabili tipiche della zona di distacco (spessore di distacco). In aree dove non vi siano sufficienti informazioni sugli eventi valanghivi potenziali o verificatisi nel passato, lo studio della vegetazione nella zona di accumulo e scorrimento fornisce un aiuto fondamentale per recuperare dati legati alla loro frequenza e intensità (Tabella 4.3). Attraverso la **dendrocronologia**, osservando il numero e le caratteristiche degli anelli di accrescimento, è possibile elaborare una cartografia della frequenza delle valanghe nella zona di accumulo. Tale metodo perde di affidabilità quando la frequenza della valanga è inferiore a dieci anni: in tale caso sono l'altezza della **vegetazione** e la presenza di particolari specie (vegetazione arbustiva o alberi con altezze ridotte) a offrire preziose informazioni. In molti casi non è semplice definire la periodicità di una valanga e, per ottenere dei buoni risultati, può essere necessario utilizzare congiuntamente diversi metodi tra cui l'**analisi del legno di reazione** (quando non si verifica una totale rottura del fusto), rotture databili, brusche variazioni di crescita, età delle piante morte. Nel particolare, da una sezione radiale del tronco è possibile esaminare il legno di reazione e confrontarlo con gli altri anelli lungo tutti i lati dell'albero. Nelle conifere il legno di reazione si forma sul lato a valle dei tronchi inclinati e viene chiamato legno di compressione; nelle latifoglie si forma

Tabella 4.3

Frequenza delle valanghe in relazione all'altezza della vegetazione (McCLUNG e SCHAEERER, 1996).

Frequenza - almeno una valanga di grandi dimensioni in un intervallo di	Indicazioni della vegetazione
1-2 anni	Presenza di ontani, salici e arbusti. Assenza di alberi più alti di 1-2 metri, assenza di legno morto proveniente da alberi di grandi dimensioni, eccetto che ai bordi della zona di scorrimento o nella zona di accumulo
3-10 anni	Assenza di grandi alberi e rami secchi; presenza di alberi alti più di 1-2 metri
10-30 anni	Predominano le specie pioniere; le specie definitive (analoghe a quelle presenti al di fuori della zona valanghiva) possono essere presenti allo stadio di novelleto; legno morto a terra. I dati dendrocronologici sono utili
25-100 anni	Alberi maturi di specie pioniere; alberi giovani di specie definitive; il legno morto a terra è parzialmente decomposto; i dati dendrocronologici sono utili
Più di 100 anni	Alberi maturi di specie definitive. I dati dendrocronologici sono utili

invece sulla parte a monte e viene chiamato legno di tensione. Nel caso in cui il passaggio della valanga provochi la rottura del cimale è possibile che, sulle conifere, un ramo laterale inizi a crescere verticalmente fino a diventare il nuovo cimale: il numero degli anelli di crescita di quest'ultimo può offrire un'indicazione approssimativa del numero minimo di anni trascorsi dall'evento. Poiché l'attività valanghiva può direttamente o indirettamente creare differenze nella crescita tra gli alberi situati nella zona di scorrimento della valanga e quelli che crescono al di fuori del limite della valanga stessa, è estremamente utile procedere a opportuni confronti. Anche l'accrescimento delle piante morte può essere confrontato con quello degli alberi della stessa specie che crescono nelle vicinanze: gli anelli supplementari presenti negli alberi in crescita indicano il numero di anni trascorsi dalla morte dell'albero. Come riportato nel manuale *Selvicoltura nelle foreste di protezione* (2006), le valanghe con zona di distacco localizzata a più di 50 m di dislivello dal limite superiore del bosco esercitano pressioni d'impatto elevate, tali da rendere vano qualunque intervento selvicolturale per migliorare la resistenza del popolamento. In questo caso, il bosco non può che essere protetto mediante idonee **opere di difesa** (es. reti da neve) poste a monte del popolamento. Nel caso in cui una valanga presenti la zona di distacco localizzata entro 50 m di dislivello dal limite superiore del bosco, il popolamento forestale può esercitare un'influenza parzialmente attiva, limitando ad esempio l'estensione dell'area di distacco. In questo caso è preferibile intervenire con una corretta gestione selvicolturale (tenendo in considerazione le caratteristiche strutturali e di composizione specifica) eventualmente associabile a opere temporanee in legname (es. treppiedi) per aumentare la resistenza del popolamento.

Nel caso in cui la potenziale zona di distacco sia localizzata all'interno del bosco (Figura 4.3), per consentire un efficace



Figura 4.3 Linea di frattura di una valanga a lastroni in bosco (Valgrisenche, Valle d'Aosta).

effetto di stabilizzazione del manto nevoso, è opportuno raggiungere le condizioni minime di copertura, struttura e composizione specifica così come descritte nel Manuale Selvicoltura nelle foreste di protezione (2006). Attraverso idonee scelte selvicolture, ad esempio, saranno favorite la struttura a gruppi o collettivi, una mescolanza specifica in cui prevalgono conifere ad aghi persistenti e saranno ridotte le aperture nella copertura soprattutto lungo la massima pendenza. Le scelte selvicolture possono eventualmente essere supportate da opere temporanee in legname (come rastrelliere da neve). Indipendentemente dalla localizzazione della zona di distacco, è utile creare e valorizzare una **fascia protettiva** di bosco stabile nell'area di transizione tra la zona di scorrimento e le zone indisturbate circostanti, soprattutto nelle valanghe abituali, per evitare un eccessivo allargamento della zona di scorrimento.

Le opere temporanee solitamente utilizzate all'interno di superfici forestali sono le **rastrelliere da neve** in legno (Figura 4.4) che, pur non avendo una longevità paragonabile a quelle delle opere in acciaio, garantiscono una durata tecnica sufficiente a ripristinare il soprassuolo arboreo con struttura tale da assicurare la bonifica definitiva del sito valanghivo. All'interno di canali stretti con soprassuolo erbaceo e pendenza uniforme, i cavalletti in legname, solitamente impiegati per ridurre lo scivolamento del manto nevoso, possono rappresentare un'alternativa valida e più economica alle rastrelliere da neve.

4.2 Scivolamento lento del manto nevoso

4.2.1 Descrizione generale del disturbo

Lo scivolamento lento (*snow gliding*) del manto nevoso lungo la linea di massima pendenza è senza dubbio un fenomeno meno evidente e più graduale delle valanghe, ma può interessare aree estese ed esercitare sui fusti forze prolungate nel tempo. Lo sci-



Figura 4.4 Rastrelliere da neve in legname realizzate a Davos (Svizzera).

volamento lento coinvolge l'intero spessore del manto nevoso che, in relazione alle caratteristiche del substrato, si mette in movimento raggiungendo velocità anche di alcuni centimetri al giorno. Tale movimento è alla base della formazione di fratture nel manto nevoso (*glide cracks*) e di importanti pressioni sui fusti e/o sulle opere di difesa attiva quali ad esempio le reti da neve.

4.2.2 Distribuzione del disturbo e fattori predisponenti

I fattori predisponenti possono essere riassunti in:

- **ridotta rugosità del substrato:** importanti scivolamenti sono frequenti su pendii colonizzati da specie erbacee a foglia lunga o su superfici rocciose lisce (con piani di stratificazione paralleli al pendio);
- **presenza di acqua allo stato liquido all'interfaccia neve-suolo:** l'eccesso idrico è favorito da valori di temperatura all'interfaccia neve-suolo prossimi a 0°C, condizione tipica in caso di abbondanti nevicate precoci (quando il suolo è ancora piuttosto caldo) e da eventi di pioggia che precedono le prime nevicate. Periodi prolungati di caldo durante la stagione invernale ed eventi di pioggia sul manto nevoso possono inoltre favorire la percolazione in profondità di acqua allo stato liquido;
- **esposizione del pendio:** sulle Alpi i movimenti lenti del manto nevoso più frequenti o di maggiore intensità si osservano sui versanti meridionali, poiché maggiormente esposti alla radiazione solare. A titolo di esempio nelle Alpi svizzere i pendii più soggetti allo scivolamento lento del manto nevoso si trovano a esposizioni Sud-Est e Sud-Ovest e a quote superiori a 2.000 m s.l.m., ovvero generalmente al di sopra del limite del bosco;
- **brusche variazioni di pendenza anche su pendii poco ripidi:** la presenza di zone più pianeggianti (inclinazione < 15°) può ridurre o eliminare i movimenti lenti del manto nevoso.

Siccome i fattori sopra citati non si verificano ogni inverno, è possibile, sulla base di un'analisi climatologica e tenendo conto dei fattori stazionali, calcolare un tempo di ritorno: a titolo di esempio nelle Alpi svizzere con tempi di ritorno piuttosto brevi (5-10 anni) sono stati osservati tassi di scivolamento stagionali compresi tra 19 e 102 cm e con valori medi di 53 cm. All'interno di foreste dense, di norma, si osservano movimenti piuttosto contenuti (Box 4.1). Studi condotti in Lariceti di versante esposti a Sud, densamente popolati (n. piante/ha > 1.000, grado di copertura delle chiome > 90%), hanno evidenziato valori di scivolamento dell'intero manto, nel corso della stagione invernale, inferiori ai 10 cm. Valori più elevati (fino a 25 cm di scivolamento) sono stati riscontrati in Lariceti con grado di copertura inferiore al 90%. Valori notevolmente superiori, fino a 150 cm di scivolamento, sono stati osservati al centro di piccoli buche di 8 x 8 m.

Box 4.1

Lo scivolamento lento del manto nevoso in una foresta di protezione: caso di studio di Brusson (Valle d'Aosta)^(*)

Nell'inverno 2009 è stato avviato il monitoraggio dello scivolamento lento del manto nevoso sotto differenti coperture forestali nel comune di Brusson (Valle d'Aosta). L'area di studio, localizzata a una quota di 1.900 m s.l.m., comprende due siti adiacenti, esposti a Sud-Ovest, con uguali pendenza (40°) e rocciosità superficiale: il primo è inserito in un Lariceto, il secondo in una Pecceta. Per monitorare in continuo lo scivolamento lento del manto nevoso, sono stati installati degli slittini metallici collegati a due potenziometri capaci di commutare il movimento degli slittini in impulso elettrico. Nel corso della sperimentazione sono stati inoltre monitorati gli andamenti termici e di umidità all'interfaccia neve-suolo. Il raggiungimento dei massimi spessori di neve al suolo (60 cm nell'inverno 2009-2010 e 40 cm nell'inverno 2010-2011) non ha determinato significativi scivolamenti del manto nevoso. L'unico movimento registrato, pari a 2 cm nel corso di 10 giorni, con un massimo di 0,4 cm/giorno, è stato osservato nel Lariceto nell'inverno 2009-2010, a seguito delle prime nevicate tardo autunnali. Durante questo periodo, caratterizzato da un'altezza media del manto nevoso pari a 30 cm, è stato rilevato un incremento dell'umidità volumetrica del suolo pari al 20%. Se confrontato con l'incremento di umidità registrato nella Pecceta, dove non si sono osservati significativi scivolamenti, quello del Lariceto è stato molto più brusco e ha raggiunto il massimo in soli 2 giorni. I risultati ottenuti, tenuto conto della morfologia, della composizione specifica e delle caratteristiche dei popolamenti forestali oggetto di studio, sembrano evidenziare una significativa intensità dello scivolamento lento del manto nevoso soltanto nel Lariceto. In particolare lo scivolamento lento del manto nevoso sembra essere legato alle variazioni di umidità registrate all'interfaccia suolo/neve.

Scivolamento lento del manto nevoso nel Lariceto



^(*) Coordinamento scientifico attività di ricerca: Michele Freppaz, Davide Viglietti, Enrico Bruno e Antoine Brulport (Di.Va.P.R.A, Università degli Studi di Torino).

4.2.3 Magnitudo, frequenza ed estensione

Distribuzione	Prevalentemente su versanti Sud, Sud-Est e Sud-Ovest
Estensione	Dipende dai fattori topografici locali e dalla rugosità superficiale
Tempo di ritorno	5-10 anni
Magnitudo	Scivolamento del manto nevoso anche superiore ai 45 mm/giorno e con forze sui fusti superiori a 1.000 N
Severità	A seconda della temperatura del suolo, della densità della neve, del diametro e dell'altezza degli alberi interessati, sono possibili sciabolature dei fusti o sradicamenti

4.2.4 Effetti ecologici del disturbo

Lo scivolamento lento del manto nevoso, in alcuni casi, costituisce un importante fattore di disturbo per i popolamenti forestali compromettendone in primo luogo la **rinnovazione** (Figura 4.5). Lo scivolamento lento del manto nevoso è inoltre una delle principali cause di **sciabolatura** dei fusti e, in casi estremi, può provocare estesi sradicamenti. Osservazioni compiute su giovani individui di larice e pino cembro hanno indicato valori limite di 1 m in altezza e di 4,5 cm in diametro, sotto i quali uno scivolamento del manto superiore ai 45 mm/giorno applica sui fusti forze comprese tra i 1.000 e i 4.500 N, sufficienti a causare diffusi sradicamenti.

Gli **sradicamenti** sono oltremodo favoriti all'inizio e alla fine della stagione invernale quando il suolo, non congelato, trattiene in misura minore gli apparati radicali: in tali occasioni non è raro osservare diffusi fenomeni di erosione superficiale del suolo. L'abbandono dei pascoli potrebbe in futuro favorire questo fenomeno, creando nuove potenziali superfici di scivolamento.

4.2.5 Indirizzi gestionali

Le strategie gestionali devono essere finalizzate a **incrementare l'attrito** tra manto nevoso e substrato e a creare dei punti di discontinuità in modo tale da conseguire sia la riduzione del disturbo provocato dai movimenti lenti del manto nevoso, sia il miglioramento della funzione protettiva del bosco nei confronti del distacco valanghe. Un'efficace scelta a seguito di un disturbo sul popolamento forestale può essere quella di **non rimuovere gli alberi abbattuti** (Vedi Paragrafo 3.7.4). Si ritiene che l'effetto positivo del legname giacente (nello specifico abete rosso e abete bianco) possa persistere per circa trent'anni.

Qualora il tronco si trovi in una zona particolarmente ombrosa, il periodo di efficacia si riduce notevolmente, a causa di una più rapida degradazione. Anche la direzione del tronco al suolo è determinante sulla riduzione dello scivolamento.

Nel caso in cui fosse possibile spostare in loco il legname atterrato, converrebbe disporlo diagonalmente: se perpendicolare alla linea di massima pendenza, su di esso agirebbero pressioni troppo elevate e sussisterebbe il pericolo di fratture e di conseguenti danneggiamenti alla rinnovazione. In caso di aree soggette a considerevoli movimenti del manto nevoso, talvolta potrebbe essere preferibile disporre i tronchi di "punta", parallelamente alla linea di massima pendenza. Nel caso in cui si debbano effettuare dei tagli, è necessario, ove possibile, mantenere le **ceppaie a un'altezza maggiore** rispetto a quella mediamente raggiunta dal manto nevoso.

Nel caso in cui si decida di rimuovere il legname dal suolo (es. perché soggetto ad attacchi da patogeni o insetti) e proteggere la rinnovazione, è possibile ridurre i movimenti del manto nevoso mediante **treppiedi in legname**. Si tratta di strutture temporanee, realizzabili con legname reperibile in loco e quin-



Figura 4.5 Elevata forza esercitata sulla rinnovazione a opera dei movimenti lenti del manto nevoso.

di economiche che, se correttamente dimensionate, possono svolgere una funzione protettiva anche nei confronti della caduta di massi di piccole dimensioni. I treppiedi in legname devono essere realizzati a monte dei nuclei di rinnovazione e garantire un'efficienza tecnica per un periodo sufficiente a far riaffermare le giovani piante (Figura 4.6).

4.3 Sovraccarico della neve

4.3.1 Descrizione generale del disturbo

L'efficienza d'intercettazione delle chiome è rappresentata dal rapporto tra quantità di neve caduta intercettata e l'intera precipitazione ed è legata a tre processi: **elastic rebound**, **branch bending** e **strength**.

Per **elastic rebound** si intende il "rimbalzo" dei cristalli di neve sulla chioma o sulla neve già trattenuta dalla chioma stessa: il massimo valore viene registrato a temperature inferiori a -3°C . Con il termine **branch bending** si considera il grado di curvatura dei rami sotto il carico della neve: all'aumentare del carico si riduce progressivamente la superficie orizzontale e quindi il grado di intercettazione, da ciò ne deriva che la massima efficienza di intercettazione si registra all'inizio della nevicata. In ultimo, con il termine **strength**, è indicato il grado di compattezza del manto nevoso sulla chioma: nel caso di elevata compattezza aumenta il periodo di permanenza del manto nevoso sulla chioma stessa e, conseguentemente, può aumentare l'intercettazione in caso di successive precipitazioni.

4.3.2 Fattori predisponenti

L'**efficienza d'intercettazione** è un fattore estremamente variabile in funzione sia dell'intensità della nevicata sia delle specie presenti. Sono stati calcolati valori d'intercettazione che raggiungono il 70% in caso di precipitazioni intense, mentre in occasione di eventi a debole intensità il valore d'intercettazione



Figura 4.6 Treppiedi in legname a monte di piste da sci (Sauze d'Oulx, Torino).

decrese fino al 30%. Anche la **temperatura** che accompagna la precipitazione influenza direttamente l'accumulo di neve sulla chioma: con temperature più elevate aumenta la coesione tra i cristalli di neve e la deformabilità del manto nevoso, conseguentemente la neve umida viene trattenuta in modo più efficace rispetto alla neve secca.

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, pino cembro e abete rosso sono in grado di trattenere una maggior quantità di precipitazioni rispetto al larice. Chioma asimmetrica, fusti poco rastremati e portamento orizzontale dei rami principali, sono altresì caratteristiche che possono diminuire la resistenza complessiva dei singoli individui (ad esempio il pino silvestre).

4.3.3 Effetti ecologici del disturbo

I principali danni causati dal sovraccarico della neve (Figura 4.7) possono coinvolgere la parte epigea della pianta (rottture del fusto, del cimale o di singoli rami) o la parte ipogea (sradicamenti), con conseguenze che possono portare alla morte della pianta stessa. Le rottture a livello epigeo possono avvenire a diverse altezze, a seconda della specie.

Gli studi in tal senso indicano frequenti rottture all'interno della chioma negli esemplari di abete rosso, mentre nel caso del pino silvestre o della betulla si possono avere rottture prevalentemente alla base del fusto e all'inserzione della chioma. Il punto di rottura dipende anche dalla presenza di nodi, funghi agenti di carie o insetti.

Occorre inoltre considerare, soprattutto dove si sia verificato un esteso danno alla superficie forestale, che gli esemplari danneggiati anche parzialmente sono più suscettibili all'attacco di insetti o di agenti patogeni, che possono ulteriormente comprometterne la stabilità.

Lo sradicamento avviene quando la resistenza alla rottura del fusto è superiore a quella di ancoraggio dell'albero al suolo. Lo sradicamento è favorito dallo sviluppo asimmetrico dell'apparato radicale, quest'ultimo spesso connesso alla presenza di elevata rocciosità o eccessi idrici nel suolo, oppure in caso di apparati radicali poco profondi, come si può osservare ad esempio in esemplari isolati di abete rosso.



Figura 4.7 Schianto da neve (dicembre 2006 - Fontainemore, Valle d'Aosta).

5

Insetti

5.1 Descrizione generale del disturbo

Gli insetti sono tra i principali agenti di disturbo negli ecosistemi forestali (WARGO, 1995). Con i loro attacchi possono limitare lo sviluppo di vasti soprassuoli e avviare, incrementare o portare a termine il loro deperimento, compromettendone la stabilità. Di norma ciò non accade, in quanto anche gli insetti più pericolosi hanno lunghi periodi di latenza*, con popolazioni minime e ben tollerate dalle foreste, all'interno delle quali svolgono importanti funzioni ecologiche. In situazioni particolari però, possono insorgere delle pullulazioni. Queste ultime in genere sono associate a fattori predisponenti, quali condizioni di stress fisiologico (es. eventi climatici, danni da incendi, marciumi radicali, fenomeni di deperimento) o abbondanza di alberi abbattuti o schiantati (es. da valanghe, uragani, frane, taglio senza esbosco). La resilienza di una foresta nel suo complesso è però tale da permetterle di superare questi momenti, pur subendo dei **rallentamenti nella crescita** o dei **cambiamenti**, anche radicali, **nella sua struttura o composizione**. Nel caso di foreste di protezione, un attacco di insetti può avere pesanti conseguenze sulla capacità di assolvere alla loro funzione, talvolta nell'immediato (es. la perdita di capacità traspirativa e conseguente influsso sul regime idrico del suolo), e tal volta con effetto ritardato (come avviene per la protezione da caduta massi, funzione svolta ancora egregiamente per alcuni anni dagli alberi morti in piedi). Gli insetti, possono favorire il verificarsi di altri disturbi, come i patogeni da ferita.

5.2 Analisi storica del disturbo

L'elenco degli insetti che possono avere delle pullulazioni in foresta è lunghissimo. Qui ci si limita pertanto a trattare quelli che possono avere delle ripercussioni sulla stabilità delle foreste di protezione in Piemonte e Valle d'Aosta, partendo dalle osservazioni di quanto avvenuto in passato. Storicamente, i più gravi attacchi di insetti hanno riguardato i rimboschimenti di conifere e

i pochi residui dei boschi planiziali. Questi ultimi hanno funzioni che qui non sono trattate e non verranno presi in considerazione, mentre tra i primi molti rivestono anche il ruolo di foreste di protezione, insieme ai boschi naturali. Tra i possibili attacchi che gli insetti possono portare a una foresta, quelli realmente pericolosi sono di due tipi: **attacchi primari** da parte di defogliatori e **attacchi secondari** da parte di insetti corticicoli. I tipi forestali con dominanza di piante con *turnover* annuale del fogliame in seguito a defogliazioni (latifoglie e larici) si dimostrano meno suscettibili a danni permanenti. Infatti, anche quando interi boschi di questo tipo sono stati completamente defogliati, l'effetto sulla vitalità e sulla stabilità delle piante è stato pressoché nullo. Diverso è il caso in cui gli insetti veicolano gravi patogeni, come è successo in passato con la grafiosi dell'olmo (*Ophiostoma ulmi* (Buisman) Nannf). Questa malattia vascolare di origine fungina ha portato alla scomparsa degli olmi di maggiori dimensioni, più suscettibili rispetto agli esemplari di piccole dimensioni sia per la struttura anatomica (vasi di maggiori dimensioni) sia per la maggiore efficienza degli stessi vettori. Inoltre l'indebolimento provocato da una pullulazione di un insetto possa inasprire l'attacco di patogeni cronicizzati nel popolamento. È il caso del cancro corticale del castagno (*Cryphonectria parasitica* (Murrill) M.E. Barr), che sembra essersi riacutizzato in seguito alla diffusione del cinipide galligeno del castagno (*Dryocosmus kuriphilus* Yusamatsu, 1951). L'analisi storica di ogni specie è riportata nella parte specificatamente dedicata a ciascuna di loro. Saranno presi in considerazione prima gli insetti defogliatori e poi gli xilofagi*.

5.3 Lida stellata

Acantholyda posticalis (MATSUMURA 1912)

Questo Imenottero ha avuto importanti, ma localizzate gradazioni* su pino silvestre in Valle d'Aosta a partire dal 1973. Queste, si sono ripetute in media ogni tre anni fino all'inizio di questo secolo, quando la specie è entrata in una lunga fase di latenza. La congenerica *A. erythrocephala* (Linnaeus 1758) è diffusa in Piemonte, ma solo su rimboschimenti e non interessa i boschi di protezione.

Distribuzione e specie ospiti

Specie paleartica*, distribuita in tutta l'Eurasia boreale. Colpisce tutte le specie di pino, in particolare il pino silvestre.

Tipologia di alterazione

L'alterazione è causata dall'azione defogliante delle larve.

Riconoscimento in foresta ed elementi diagnostici

I rami delle piante colpite appaiono avvolti in manicotti sericei che racchiudono gli aghi erosi dalle larve e i loro escrementi (Figura 5.1).



Figura 5.1 A sinistra pini silvestri attaccati da *A. posticalis*; a destra particolare dell'effetto della rosura e degli escrementi delle larve in una tela (Villeneuve, Valle d'Aosta).

Magnitudo, frequenza ed estensione

Estensione	Da pochi ettari fino a un migliaio
Tempo di ritorno	Possibili gradazioni ogni 3 anni, in seguito ad alte temperature e scarse piogge
Magnitudo	Varia, talvolta con defogliazioni pressoché totali
Severità	La ripetitività degli attacchi può causare indebolimenti, con conseguenti attacchi secondari ed estese morie

Fattori predisponenti

I principali attacchi sono scatenati da situazioni climatiche anomale, con un rialzo delle temperature e una diminuzione delle precipitazioni. Altro fattore predisponente è la densità del popolamento, che facilita la diffusione dell'insetto. All'inizio dell'attacco vengono colpiti principalmente i pini sui margini, con un'età di 25-30 anni (CASALE e SAMPÒ, 1977).

Effetti ecologici del disturbo

In genere le Pinete delle Alpi occidentali, soprattutto se in condizioni di stress, subiscono livelli d'infestazione cronica di questa specie senza che essa provochi particolari problemi. Nei casi eccezionali scatenati dai succitati fattori, la pullulazione può portare a intense defogliazioni che, a loro volta, indeboliscono le piante aprendo la via a fitofagi* secondari, quali gli Scolitidi. Questo attacco secondario provoca estese morie, con conseguente indebolimento meccanico dei fusti in ampi settori del bosco che vede compromessa in maniera più o meno evidente la propria funzione protettiva. Le densità di *A. posticalis* che possono considerarsi critiche oscillano da 40-60 a 110-220 proninfe* femmine sane per m² di terreno (SCHWENKE, 1982).

Indirizzi di lotta

Di norma non sono necessari interventi di lotta, ma nel caso di attacchi ripetuti possono essere utili, prima che i manicotti se-

ricei rendano le larve irraggiungibili, degli **interventi larvicidi** mediante irrorazione delle chiome. Quando possibile si consiglia di prediligere prodotti a base di inibitori della muta* (es. Diflubenzuron), in quanto più selettivi degli insetticidi generici a base di piretroidi o fosfororganici. I prodotti a base di *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* (Btk) non sono attivi contro le larve di Imenotteri come la specie qui in esame. Le piante che dovessero morire in seguito all'attacco di *A. posticalis* devono essere abbattute ed esboscate prima che diventino pericolosi focolai d'infestazione di Coleotteri corticicoli.

5.4 Diprionidi del pino

Diprion pini (LINNAEUS 1758) e *D. similis* (HARTIG 1836)

Le prime segnalazioni di *D. pini* per il Piemonte (1899-1914) sono relative ad attacchi su pino silvestre nelle valli cuneesi (CECCONI, 1924), ma c'è il dubbio che si potesse trattare di *D. similis* (CASALE e CURRADO, 1979). Quest'ultimo ha causato intense defogliazioni agli impianti di pino strobo in Piemonte (Figura 5.2) e su pino silvestre in Valle d'Aosta, dove peraltro ha una frequenza sporadica.

Distribuzione e specie ospiti

Entrambe specie paleartiche: *D. pini* distribuita in gran parte dell'Eurasia boreale e nell'Africa settentrionale, *D. simile* distribuito dalla Siberia alle Alpi, ma è stato anche introdotto negli Stati Uniti orientali. Colpiscono i pini, soprattutto il pino silvestre, più raramente altre conifere.

Tipologia di alterazione

L'alterazione è causata dall'azione defogliante delle larve che porta a una scheletrizzazione degli aghi.



Figura 5.2 A sinistra larve su tronco di pino strobo; a destra bozzoli di *D. similis* (Volpiano, Torino).

Riconoscimento in foresta ed elementi diagnostici

Presenza di aggregati di larve giallo-verdastre lungo i rami, arrossamento, poi defogliazione a partire dalla parte sommitale della pianta.

Magnitudo, frequenza ed estensione

Estensione	Di norma pochi ettari
Tempo di ritorno	Gradazioni in seguito a estati molto piovose
Magnitudo	Una presenza invernale di 12 bozzoli con ninfe vitali/m ² è sufficiente a scatenare una pullulazione
Severità	Le pullulazioni predispongono all'attacco di Scolitidi con relativi danni

Fattori predisponenti

Fattori predisponenti sono la presenza di rimboschimenti effettuati su suoli non adatti ad ospitare le specie forestali, le estati molto piovose, le esposizioni soleggiate e altre cause biotiche e abiotiche di stress (CASALE e CURRADO, 1979).

Effetti ecologici del disturbo

Analogamente alla specie precedentemente descritta, le infestazioni di *Diprion* spp. in genere si esauriscono naturalmente, ma espongono le foreste colpite ad attacchi secondari con le già citate possibili conseguenze sui boschi di protezione. Gli attacchi cominciano di solito ai margini della Pineta, portandola a una defogliazione più o meno totale. Gli attacchi sono particolarmente pericolosi in popolamenti di 20-40 anni.

Indirizzi di lotta

Quando nell'inverno si contano oltre 15 prepupe vitali per m² di terreno, alcuni autori consigliano di programmare degli **interventi larvicidi** alla comparsa delle larve (fine primavera e fine estate, con periodi diversi a seconda della stagione). In tal caso è utile irrorare le chiome con inibitori della muta (come per la lida stellata) quando sono presenti le giovani larve.

5.5 Bombice monaco

Lymantria monacha (LINNAEUS 1758)

Le segnalazioni di questo Lepidottero in Piemonte sono sporadiche e riconducibili a epoche non recenti, come quella del 1930 in Val Chisone; attacchi, anche gravi, sono stati registrati in Valle d'Aosta a partire dagli anni '50 su abete rosso, abete bianco, larice e pino silvestre (Figura 5.3), talvolta associata alla congenerica *L. dispar* (LINNAEUS 1758).

Particolarmente vasta è stata la gradazione del 1984-1991, che ha colpito quasi 7.000 ha di boschi, in prevalenza Peccete,



Figura 5.3 A sinistra attacco di *L. monacha* su pini silvestri; a destra esemplare femmina (varietà *melanica*) (Morgex, Valle d'Aosta).

dall'imbocco della Valle di Cogne a Courmayeur. Recenti attacchi (2008-2010) di *L. monacha* si sono verificati in foreste di protezione diretta della Valsavarenche e della Valle di Cogne.

Distribuzione e specie ospiti

Specie paleartica, distribuita dalla penisola Iberica alla Siberia, con popolazioni isolate nel Nord dell'India. Polifaga, si nutre di preferenza su abete rosso, abete bianco, pino silvestre e faggio, ma può colpire altre latifoglie, conifere e formazioni arbustive.

Tipologia di alterazione

L'alterazione è causata dall'azione defogliante delle larve. Forti infestazioni portano a una defogliazione pressoché totale, a partire dalla parte bassa della pianta.

Riconoscimento in foresta ed elementi diagnostici

Ingiallimento e defogliazione della chioma che di solito parte dal basso. Su larice è possibile confonderla con attacchi di *Zelraphera griseana* (HUBNER, 1799), (Paragrafo 5.7).

Magnitudo, frequenza ed estensione

Estensione	Da pochi ettari a diverse migliaia
Tempo di ritorno	Gradazioni indotte da ripetute estati calde e secche, con tempi di ritorno diversi a seconda della specie colpita. Nella stessa area, su pino (progradazione* di 3 anni e retrogradazione* di 1) iniziano prima che su abete rosso (progradazione di 5 anni e retrogradazione di 2)
Magnitudo	Varia, talvolta con defogliazioni pressoché totali

Severità

Defogliazioni superiori al 75% possono causare la morte delle piante colpite, direttamente o predisponendole a pullulazioni di Scolitidi

Fattori predisponenti

Il susseguirsi di estati calde e secche probabilmente predispone il bosco a gradazioni temporanee.

Queste, nella stessa area, incominciano uno o due anni prima nelle Pinete che nelle Peccete.

Effetti ecologici del disturbo

Latifoglie e larici, anche pesantemente colpiti, sono in grado di sviluppare nuove foglie nell'anno della defogliazione e quindi non subiscono danni permanenti se non dopo diversi attacchi consecutivi.

Sulle altre conifere invece, attacchi gravi provocano defogliazioni superiori al 75%, causando la morte delle piante colpite, direttamente o predisponendole a pullulazioni di Scolitidi.

Indirizzi di lotta

La lotta si basa sull'applicazione tardo-primaverile di **prodotti larvicidi**, quali quelli a base di Btk o Diflubenzuron, anche con miscele dei due principi attivi.

5.6 Processionaria del pino

Thaumetopoea pityocampa (DENIS e SCHIFFERMULLER 1775)

Lepidottero con segnalazioni molteplici e continuative, soprattutto a causa della sua pericolosità per la salute dell'uomo (peli urticanti) e per la facilità d'identificazione dei nidi invernali. Segnalata soprattutto in impianti di pino nero e su pino silvestre. Su quest'ultimo, in Valle d'Aosta, sono stati registrati periodici attacchi, soprattutto negli ultimi trent'anni del XX secolo.

A causa dei cambiamenti climatici in corso, la processionaria del pino sta colonizzando anche le Pinete ad altitudine più elevata di quelle infestate un tempo, trovando temperature idonee per l'attività trofica e la sopravvivenza delle larve e un numero sufficiente di ore di calore utili per l'attività di volo delle femmine.

Distribuzione e specie ospiti

Specie paleartica occidentale, dalla Russia al Nord Africa.

Colpisce tutti i pini, con preferenza per il pino nero, il pino laricio, il pino marittimo e il pino silvestre. Meno comune su larice.

Tipologia di alterazione

L'alterazione è causata dall'azione defogliante delle larve, che colpiscono soprattutto i rami apicali.

Riconoscimento in foresta ed elementi diagnostici

I rami defogliati assumono un aspetto scheletrico. Le larve, gregarie, si muovono in fila indiana (da cui il nome di processionaria). All'inizio dell'autunno le parti di chioma colpite assumono una tinta gialla-rossastra. Più tardi e per tutto l'inverno è tipica la presenza di nidi sericei di aspetto piriforme (Figura 5.4).

Magnitudo, frequenza ed estensione

Estensione	Anche migliaia di ettari
Tempo di ritorno	Note gradazioni ogni 6-8 anni, ma spesso gli attacchi non seguono cicli regolari; favorito da clima caldo e secco
Magnitudo	Varia, talvolta con defogliazioni pressoché totali
Severità	Le pullulazioni predispongono all'attacco di Scolitidi con relativi danni

Fattori predisponenti

Insetto termofilo favorito da periodi caldi e siccitosi che riducono le difese delle piante predisponendole a gradazioni cicliche di 6-8 anni. Colpisce prevalentemente le foreste esposte a Sud e quelle alle quote più basse, anche se negli ultimi anni, complice il cambiamento climatico, le sue infestazioni si manifestano a quote superiori.

Effetti ecologici del disturbo

Di solito la defogliazione ha come unico effetto un rallentamento della crescita, ma nei casi più gravi l'indebolimento è tale da favorire l'attacco di fitofagi secondari o patogeni che possono portare alla morte della pianta.



Figura 5.4 A sinistra rimboschimento di pini in bassa Valle Susa con nidi invernali di T. pityocampa; a destra particolare di nido.

Nel caso venga colpito il cimale, la defogliazione da parte della processionaria del pino porta al suo disseccamento, interrompendo la crescita della pianta. In questo caso il danno è evidente nei giovani popolamenti.

Indirizzi di lotta

La lotta a questa specie è obbligatoria solo nei popolamenti arborei in cui l'insetto minaccia seriamente la produzione e la sopravvivenza degli stessi (DM 30.10.2007). In ogni caso è particolarmente difficile, in quanto l'estensione delle aree infestate è spesso molto grande. È possibile operare preventivamente **eliminando meccanicamente i nidi invernali**: taglio con cesoie montate su pertiche e abbruciamento controllato se l'altezza dei rami lo consente oppure apertura di brecce utilizzando un fucile da caccia caricato a pallini per permettere l'azione distruttiva del gelo. Tuttavia queste operazioni sono particolarmente delicate (per le piante, che subiscono un intervento invasivo, e per gli operatori che non devono essere esposti ai peli urticanti) e il loro costo è cospicuo. Sulle giovani larve sono efficaci gli insetticidi visti per la specie precedente (es. Btk, Diflubenzuron). Utile è a tal fine la lotta guidata mediante l'impiego di trappole di monitoraggio a feromoni. Viste le grandi superfici infestate, gli **interventi aerei** sono spesso l'unico mezzo utile per agire tempestivamente. Secondo la normativa vigente in Italia, questi debbono però essere autorizzati caso per caso dal Ministero della Salute, previa domanda da parte della Regione interessata. La cattura massale dei maschi adulti, basata sull'impiego di trappole a imbuto innescate a feromoni, si è invece rivelata un buon metodo di contenimento per aree isolate e di modeste dimensioni.

5.7 Tortrice del larice

Zeiraphera griseana (=diniana) (HUBNER 1799)

Per quasi due secoli questa specie ha avuto nelle Alpi occidentali delle tipiche gradazioni della durata di 2-3 anni ripetute ogni 9-10 anni. Negli ultimi vent'anni le gradazioni hanno talora assunto un carattere locale, tali da passare spesso inosservate, forse grazie ai cambiamenti climatici in atto.

Distribuzione e specie ospiti

Specie paleartica, diffusa al di sotto del 62° parallelo. Oltre al larice, tipica pianta nutrice delle larve della specie, anche i pini e gli abeti possono essere talvolta colpiti.

Tipologia di alterazione

L'alterazione è causata dall'azione defogliante delle larve.

Riconoscimento in foresta ed elementi diagnostici

Il primo segno evidente dell'insetto è la comparsa di piccole

matasse sericee che avvolgono singoli mazzetti di aghi erosi (Figura 5.5). In seguito, la chioma appare ingiallita o arrossata e infine avvolta da manicotti sericei che trattengono i residui degli aghi e gli escrementi delle larve.

Magnitudo, frequenza ed estensione

Estensione	Da attacchi locali di pochi ettari a gradazioni di migliaia di ettari
Tempo di ritorno	Tipiche gradazioni decennali della durata di 2-3 anni; anche attacchi estemporanei negli ultimi decenni
Magnitudo	Nelle annate di culmine della gradazione, la defogliazione può interessare il 100% degli ospiti
Severità	Localmente può esserci una mortalità elevata se vi è carenza idrica al momento di ricacciare gli aghi

Fattori predisponenti

Fattori legati alla densità del bosco, quali lo spazio disponibile per lo sviluppo della chioma, da cui dipendono la vigoria, il contenuto di nutrienti e la resistenza dell'albero, sembrano giocare un importante ruolo nelle gradazioni. Ad esempio, per alcuni anni dopo una pullulazione, gli aghi germogliati contengono meno proteine e sono quindi meno appetibili dalle larve del Tortricide.

Effetti ecologici del disturbo

Al culmine della gradazione la defogliazione va dal 50 al 100%, ma causa raramente la morte delle piante colpite, se non in concomitanza di condizioni climatiche particolarmente avverse



Figura 5.5 A sinistra larice attaccato da *Z. griseana* (Brusson, Valle d'Aosta); a destra particolare degli aghi rosi.

che impediscono il ricaccio (siccità). I giovani pini cembri sono più sensibili dei larici, che vengono così favoriti ritardando la successione tra le due specie.

Indirizzi di lotta

Le gradazioni colpiscono aree molto ampie. Per tale ragione il contenimento si effettua con **trattamenti ad ampio raggio**, preferibilmente con prodotti a base di Btk, entro il terzo stadio larvale.

La soglia d'intervento va determinata a partire dal mese di maggio su larve giovani ed è definita in 9-10 larve/m di ramo.

5.8 Scolitide acuminato e dai sei denti

Ips acuminatus (GYLLENHAL 1827) e *I. sexdentatus* (BORNER 1776)

Scolitidi presenti in entrambe le Regioni, con segnalazioni principalmente su pino strobo in Piemonte e su pino silvestre in Valle d'Aosta.

Distribuzione e specie ospiti

I. acuminatus è diffuso in tutta la regione paleartica, mentre *I. sexdentatus* è limitato alla sua parte occidentale.

Il pino silvestre è la specie preferita dal primo, che però può colpire anche altri pini e più raramente altre conifere. Il secondo può colpire tutti i pini e talvolta gli abeti. Più raro ancora su larice e tasso.

Tipologia di alterazione

L'attività trofica ed escavatoria di adulti e larve avviene a danno dei ricchi tessuti sottocorticali, quali il floema, portando all'interruzione della circolazione della linfa elaborata, e del cambio, la cui distruzione determina la morte della pianta.

Riconoscimento in foresta ed elementi diagnostici

L'attacco si manifesta con un improvviso e vistoso disseccamento della chioma. Più difficile è l'individuazione di colature di resina e rosura ai tipici livelli di attacco. Caratteristiche le gallerie sottocorticali (Figura 5.6).

Magnitudo, frequenza ed estensione

Estensione	In genere gli attacchi sono territorialmente limitati
Tempo di ritorno	In seguito a periodi di stress ambientale o episodi calamitosi
Magnitudo	Varia, ma in genere il numero di piante colpite è contenuto
Severità	Le piante colpite muoiono direttamente o per il contemporaneo attacco di altri Coleotteri corticicoli



Figura 5.6 Gallerie di *I. sexdentatus* (Roisan, Valle d'Aosta).

Fattori predisponenti

Fattori predisponenti sono la scarsa densità del popolamento, la presenza di tronchi lasciati in bosco in seguito a tagli o schianti, la presenza di piante stressate o danneggiate dagli incendi e stazioni calde e secche.

Effetti ecologici del disturbo

I. acuminatus predilige i rami apicali con diametro fino a 20-25 cm e con corteccia fine, mentre *I. sexdentatus* attacca la parte bassa del tronco. Nel caso di attacchi incontrollati, il primo si diffonde a macchia di leopardo nella foresta, mentre il secondo può colpire intere stazioni suscettibili.

Inoltre le piante colpite rischiano attacchi di *Tomicus piniperda* e *T. minor* nella parte bassa e ancora sana del tronco. In ogni caso, le piante colpite muoiono nel giro di pochi mesi.

Indirizzi di lotta

In caso di attacco è necessario innanzitutto prevenire il diffondersi dell'infestazione, rimuovendo e distruggendo il materiale già attaccato in loco tramite **cippatura** o **asportazione e distruzione della corteccia**. Nel caso di *I. acuminatus*, questa procedura incontra problemi tecnici legati al fatto che la specie colonizza cortecce sottili di rami e piccole branche.

Questi interventi vanno fatti prima dello sfarfallamento degli adulti svernanti, ossia entro la fine di aprile.

Se si sceglie la scortecciatura, l'efficacia è maggiore quando sono presenti le larve. Sono inoltre disponibili feromoni di aggregazione per l'innesco di **trappole** o **alberi esca**, utili nel monitoraggio a guida della lotta o nella cattura massale del parassita.

L'impiego di alberi esca va evitato se non si è sicuri di poter eliminare nei tempi e nei modi corretti l'esca infestata, lasciando che si trasformi in un sicuro serbatoio d'infestazione, oppure richiede il trattamento preventivo con insetticidi, che tuttavia comportano inevitabili e negativi effetti su organismi non bersaglio.

5.9 Bostrico del larice

Ips cembrae (HEER 1836)

Specie comune in Valle d'Aosta, dove comunque non sono segnalati episodi di particolare importanza. In Piemonte è noto almeno un attacco su larice, avvenuto in Alta Valle Susa una ventina di anni fa (DOTTA, comunicazione personale).

Distribuzione e specie ospiti

Specie paleartica occidentale. A dispetto del nome, questo Scolitide predilige i larici, pur non disdegnando altre conifere, tra cui, appunto, il pino cembro (Figura 5.7). In alta quota non provoca grossi danni anche se può vivere fino a 2.000 m.

Tipologia di alterazione

Come per i congenerici già descritti.

Riconoscimento in foresta ed elementi diagnostici

Presenza di rosura bruna e, successivamente, distacco di placche di corteccia (specchiatura) per l'azione trofica dei picchi a caccia d'insetti presso i fori di entrata; colature di resina e distacco di corteccia dai piccoli rami. Il sintomo più tipico è però



Figura 5.7 Gallerie di *I. cembrae* sull'interno della corteccia di pino cembro (Claviere, Torino).

la "rottura" da parte del vento dei rami in corrispondenza delle gallerie alimentari dei giovani adulti.

Magnitudo, frequenza ed estensione

Estensione	Varia
Tempo di ritorno	In seguito a periodi di stress ambientale o episodi calamitosi
Magnitudo	Grossi attacchi possono riguardare interi boschi, specie se allo stadio di perticaie o rimboschimenti fuori areale e/o a bassa quota
Severità	Le piante colpite generalmente non sopravvivono

Fattori predisponenti

Principale fattore predisponente è la siccità, ma i soggetti abbattuti dalle valanghe rappresentano un pericoloso innesco dell'infestazione.

Effetti ecologici del disturbo

Attacca principalmente le piante esposte a Sud e maggiormente soleggiate, non disdegnando quelle giovani. Particolarmente esposti sono i giovani rimboschimenti fuori areale.

In caso di pullulazioni, quando cominciano a scarseggiare ospiti idonei, *I. cembrae* arriva ad attaccare anche alberi sani e con corteccia spessa, dove non è raro trovarlo insieme al Cerambice del larice (*Tetropium gabrieli*, WEISE 1905). Le piante colpite in genere muoiono.

Indirizzi di lotta

Nelle foreste in cui si è propagato un attacco non si devono mai lasciare residui non scortecciati con diametro maggiore di 5 cm. Nei popolamenti maggiormente sensibili o colpiti di recente è opportuno **controllare periodicamente** la presenza di depositi di rosura bruna e di distacchi di specchiature.

Dopo un attacco occorre **abbattere ed esboscare nel periodo vegetativo** le piante con corteccia spessa bruciandone i cimali (evitando quelle con covate già molto sviluppate perché la corteccia si distaccherebbe restando in bosco) e scortecciare quelle con corteccia sottile.

Se non è possibile intervenire in questo periodo, si raccomanda di **bruciare le cortecce durante l'inverno. Alberi esca** ben ramificati possono essere impiegati nei giovani boschi attaccati, disponendone 2 o 3 in aprile (prima generazione) e luglio (seconda) nei focolai di attacco dell'anno precedente, possibilmente in penombra e sottovento, nonché lungo i margini dei popolamenti esposti a Sud e attorno alle radure create in seguito ai tagli sanitari.

Se nel corso della stagione si verifica una pullulazione il numero di alberi esca può essere aumentato. Anche in questo caso si

raccomanda di controllare le esche di frequente, in modo da scortecciarle ed eliminare le larve prima che si impupino.

5.10 Bostrico, Tipografo dell'abete rosso

Ips typographus (LINNAEUS 1758)

Si tratta del più pericoloso parassita dell'abete rosso, in grado di interessare vaste superfici. Forti attacchi di questo Scolitide sono stati registrati in Valle d'Aosta negli anni '90, dove peraltro era già comune (FOCARILE, 1983).

Meno estesi gli attacchi in Piemonte, a partire dal 2003, soprattutto in Canavese, Ossola e basso Alessandrino, principalmente su rimboschimenti artificiali più vecchi.

Finora sulle Alpi sono state osservate un massimo di due generazioni l'anno sopra i 600 m s.l.m. e una sola generazione al di sopra dei 1.300 m s.l.m., ma si teme che le più elevate temperature primaverili possano consentire al Bostrico di completare un'ulteriore generazione.

Distribuzione e specie ospiti

Specie a distribuzione paleartica. Attacca di preferenza l'abete rosso, più raramente altre conifere, tra cui il pino uncinato.

Tipologia di alterazione

Come per i congenerici già descritti.

Riconoscimento in foresta ed elementi diagnostici

Inizialmente nessun segno specifico, ma presenza di rosura a livello delle parti legnose di maggiori dimensioni. In stadio avanzato si notano arrossamenti della chioma e distacchi di placche di corteccia dalla parte alta della pianta (Figura 5.8).

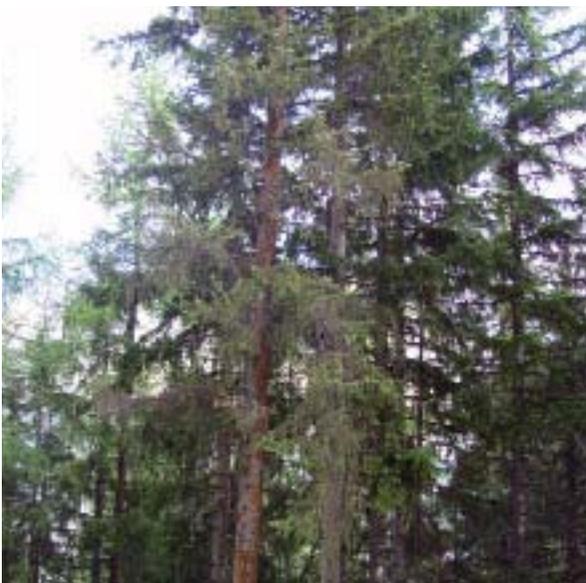


Figura 5.8 A sinistra esemplare di abete rosso colpita da *I. typographus* (La Salle, Valle d'Aosta); a destra particolare delle gallerie (Ronco Canavese, Torino).

Magnitudo, frequenza ed estensione

Estensione	Anche aree amplissime
Tempo di ritorno	Note gradazioni con intervalli decennali, ma più spesso una pullulazione è causata da episodi calamitosi su foresta con dominanza di abete rosso
Magnitudo	In caso di pullulazione vengono colpiti interi settori di foresta
Severità	Molto grave: tutte le piante colpite muoiono

Fattori predisponenti

La siccità primaverile dell'anno precedente e i danni dovuti alle tempeste sono i principali fattori predisponenti. In particolare gli schianti (Vedi Paragrafo 3.7.4) sono un pericolosissimo innesco per gravi pullulazioni. Sono soprattutto gli alberi sradicati a costituire il principale serbatoio per la proliferazione di questo Scolitide. Infatti, per la presenza di radici ancora vitali al suolo, l'albero sradicato può sopravvivere ancora per due o tre anni, ospitando in tal modo varie generazioni di Scolitidi. Va inoltre ricordato come sia più pericolosa la presenza di pochi alberi abbattuti rispetto a vaste superfici danneggiate, in quanto i primi, rimanendo in ombra, disseccano più lentamente.

Anche il clima negli anni successivi all'evento perturbante riveste un ruolo fondamentale nella proliferazione della specie: la siccità stressa le piante e il caldo accelera i cicli riproduttivi degli insetti, favorendo la pullulazione. Viceversa, stagioni fresche e umide contribuiscono alla drastica riduzione della gradazione. Infine, il rischio di infestazione è inferiore dove la struttura delle età è più diversificata.

Effetti ecologici del disturbo

Predilige alberi deperienti di medie o grandi dimensioni, ma in caso di pullulazioni colpisce piante di tutte le dimensioni, soprattutto di oltre 50 anni. Un albero caduto o deperiente può ospitare migliaia di individui, ma il fatto che questi possano attaccare le piante sane dipende dal loro vigore, dal clima, dalla popolazione dell'insetto e da quella dei suoi limitatori. Il danno è particolarmente elevato nelle foreste del piano subalpino e in quello montano superiore dove, in Valle d'Aosta, l'abete rosso costituisce la specie prevalente. In queste stazioni la rinnovazione è particolarmente difficoltosa, per cui lo Scolitide è in grado di compromettere in breve tempo la stabilità di un bosco di protezione. Riguardo alla composizione specifica, si considera come critica la presenza di più del 30% di abete rosso.

Dove la presenza di latifoglie o altre specie conifere risulta essere consistente, l'attività del tipografo è ovviamente inferiore e il deperimento degli abeti rossi non comporta un'imminente perdita di funzionalità.

Indirizzi di lotta

Per quanto concerne il contenimento di questa specie, oltre alle norme generiche adatte per tutti i Coleotteri corticicoli, è utile utilizzare il metodo della **cattura massale degli adulti** mediante trappole innescate **con feromoni d'aggregazione sintetici**. Se gli adulti sono già sfarfallati (fine maggio e fine luglio) è possibile ritardare l'esbosco degli alberi infestati di circa un mese per consentire il completamento dello sviluppo di alcuni antagonisti (VERMELINGER *et al.*, 2002).

Questi da soli non sono in grado di arrestare la pullulazione, ma certamente ne contengono i danni.

Nel caso di **schianti da tempesta** è opportuno operare uno **sgombero preventivo e rapido** di almeno l'80% del materiale. Non sempre questo è possibile e quindi occorre seguire delle indicazioni prioritarie:

- in ogni caso esboscare prima le aree di minori dimensioni;
- nelle aree piccole (< 2 ha) trattare prima i fusti spezzati, che qui seccano lentamente;
- nelle aree grandi trattare prima i fusti sradicati (poiché quelli spezzati seccano più rapidamente);
- se le operazioni di esbosco si prolungano oltre il primo anno dallo schianto, trattare prima le esposizioni a Nord;
- se le operazioni di esbosco durano meno di un anno, trattare prima le esposizioni a Sud;
- trattare prima i boschi con più alberi vecchi.

Se vi è la possibilità di scegliere il periodo dello sgombero, è utile sfruttare l'effetto esca svolto dal materiale deperiente. Alle quote superiori, dove si ha una sola generazione, si può in ogni caso attendere fino all'aprile del secondo anno. Lo sgombero del legname, soprattutto quando è interessata una grande superficie, va valutato con la dovuta cura al fine di non provocare danni ancor più gravi (es. compattazione del suolo, creazione di solchi e fratture, modifica del deflusso idrico). Nella gestione del disturbo, si deve anche tener conto del tempo necessario al diffondersi della pullulazione nei boschi di abete rosso non colpiti ma vicini a quelli interessati dalla tempesta. Qui l'infestazione subentra più tardi: in quelli a quote inferiori dopo un anno, in quelli a quote superiori di solito dopo due anni dalla tempesta. Pertanto, negli anni successivi, è necessario sorvegliare anche le zone limitrofe.

5.11 Scolitide calcografo

Pityogenes chalcographus (LINNAEUS 1761)

Poche segnalazioni, tutte relativamente recenti, per lo più legate a piante colpite da Scolitidi più evidenti (*Ips* sp.). Questo non significa che sia raro, ma che spesso passa inosservato.

Distribuzione e specie ospiti

Distribuzione paleartica, Scozia e area mediterranea escluse.



Figura 5.9 A sinistra tronco di pino strobo con fori di uscita e a destra gallerie di P. chalcographus (Collina di Torino).

Attacca soprattutto l'abete rosso, ma è segnalato anche su pini (Figura 5.9), larici e altre conifere.

Tipologia di alterazione

Come per gli altri Scolitidi già descritti.

Riconoscimento in foresta ed elementi diagnostici

Essendo frequente la contemporanea presenza di altri Scolitidi, prevalgono i segni di questi ultimi.

Magnitudo, frequenza ed estensione

Estensione	Attacchi molto localizzati
Tempo di ritorno	In seguito a periodi di stress ambientale o episodi calamitosi
Magnitudo	Colpisce piante giovani o i rami di piante più grandi
Severità	30 sistemi di gallerie/m ² di corteccia portano alla morte la pianta o il ramo colpito

Fattori predisponenti

Sono predisponenti tutti i fattori che portano a una variazione del contenuto idrico dei tessuti, come la siccità estiva.

Effetti ecologici del disturbo

L'esito letale è spesso dovuto all'azione contemporanea di altri Scolitidi cui apre la via indebolendo le piante e i popolamenti colpiti. Il calcografo può portare alla morte gli individui colpiti anche da solo, quando vi sono almeno 30 sistemi di gallerie al m² di corteccia. Con soli 2 sistemi, invece, l'attacco risulta praticamente asintomatico.

Indirizzi di lotta

Analoghi a quelli descritti per gli altri Scolitidi.

5.12 Blastofago distruttore dei pini e Blastofago minore

Tomicus piniperda (LINNAEUS 1758) e *T. minor* (HARTIG 1834)

Per il Piemonte vi sono poche segnalazioni di questi due Scolitidi, mentre in Valle d'Aosta hanno dato luogo a intense e preoccupanti infestazioni negli anni 1990-1997 su pino silvestre e pino uncinato.

Distribuzione e specie ospiti

T. piniperda ha distribuzione paleartica con varie segnalazioni negli Stati Uniti. Attacca i pini e raramente larici e abete rosso. *T. minor*, a sua volta paleartico, è molto più comune in Scandinavia. Colpisce i pini (preferenzialmente pino silvestre e pino nero), eccezionalmente gli abeti.

Tipologia di alterazione

Entrambi esplicano, allo stadio adulto, dapprima un'attività trofica sui germogli di pino (più raramente di altre conifere) deprimendone la fisiologia (attacco primario) e rendendo la pianta ricettiva al successivo attacco secondario a livello del tronco a fini riproduttivi. *T. piniperda* predilige le porzioni inferiori del fusto con corteccia spessa, mentre il *T. minor* si riproduce nelle porzioni superiori.

Riconoscimento in foresta ed elementi diagnostici

Disseccamento e/o caduta dei germogli colpiti (Figura 5.10), poi



Figura 5.10 A sinistra attività trofica di *T. piniperda* su pino silvestre (Pontey, Valle d'Aosta); a destra particolare di aghi rosi.

presenza di segatura e cercini resinosi intorno ai fori d'ingresso degli adulti sul tronco. Gravi attacchi sono denunciati dall'arrossamento dell'intera chioma.

Magnitudo, frequenza ed estensione

Estensione	Attacchi localizzati sugli alberi indeboliti
Tempo di ritorno	Comune nelle foreste di pino deperienti
Magnitudo	Dense colonizzazioni su piante deboli, attacchi diffusi, ma ininfluenti, su piante sane
Severità	Non elevata, ma tale da contribuire al deperimento in atto nelle Pinete endalpiche

Fattori predisponenti

Le pullulazioni possono avvenire quando c'è abbondanza di materiale legnoso fresco schiantato in seguito all'azione del vento e della neve. *T. minor* è più aggressivo, essendo in grado di attaccare piante vive, seppure indebolite.

Effetti ecologici del disturbo

La disponibilità di materiale idoneo all'attacco crea le condizioni per una forte moltiplicazione.

L'anno successivo avviene la diffusione verso le aree limitrofe dove possono essere colpite anche piante sane, soprattutto le classi di età più giovani. *T. piniperda* può attaccare anche popolamenti vecchi, i quali subiscono rallentamenti nella crescita e deformazione della chioma. Di norma le piante sane non muoiono, a meno che gli attacchi non si protraggano per più anni.

Complessivamente gli attacchi sono piuttosto diffusi e più comuni nelle foreste deperienti, dove i blastofagi contribuiscono alla morte delle piante.

Indirizzi di lotta

Analoghi a quelli descritti per gli altri Scolitidi.

5.13 Pissodi del pino

Pissodes castaneus (= *P. notatus*) (DE GEER 1775) e *P. pini* (LINNAEUS 1758)

Poche e saltuarie segnalazioni di questi due Curculionidi in Piemonte, soprattutto degli anni '70 e '80; in Valle d'Aosta il primo è sporadico, il secondo frequente nelle Cembrete intorno ad Aosta.

Distribuzione e specie ospiti

P. castaneus è una specie paleartica diffusa dall'Algeria alla Siberia. Attacca esclusivamente le varie specie di pino con preferenze diverse a seconda della latitudine. *P. pini* è paleartico occidentale. Colpisce i pini, in particolare pino silvestre e pino uncinato.

Tipologia di alterazione

Gli adulti erodono le scorze giovani dei rami lasciandovi piccole tracce tondeggianti, destinate a coprirsi in breve di calli cicatriziali a rosetta, mentre le larve sono xilofaghe e alterano i tessuti sottocorticali in maniera analoga agli Scolitidi.

Riconoscimento in foresta ed elementi diagnostici

Arrossamento della chioma e caduta degli aghi; la chioma diventa più trasparente a partire dall'interno; rigonfiamento del colletto nelle giovani piante; presenza di gocce di resina all'esterno dei fori di nutrizione praticati sui germogli che poi disseccano.

Magnitudo, frequenza ed estensione

Estensione	Attacchi localizzati sugli alberi indeboliti
Tempo di ritorno	Tutte le volte che si presentano fattori di debolezza
Magnitudo	Dipende da quante piante sono indebolite
Severità	Le piante colpite di norma disseccano

Fattori predisponenti

Vari fattori di stress, come siccità, defogliatori, funghi fitopatogeni ecc.

Effetti ecologici del disturbo

P. castaneus predilige pini giovani (13-15 anni), ma non disdegna quelli più vecchi, comunque già indeboliti. Le piante colpite in genere muoiono. I danni maggiori sono causati ai rimboschimenti a quote medio-basse. *P. pini* attacca esemplari giovani, con diametro tra i 10 e 12 cm (FOCARILE 1983) ed è uno dei fitofagi che contribuisce al deperimento del pino silvestre in atto sulle Alpi occidentali.

Indirizzi di lotta

Essendo parassiti di debolezza, la scelta della stazione idonea e delle specie idonee per i rimboschimenti è la miglior strategia di prevenzione. Valgono le indicazioni già fornite nei paragrafi relativi agli Scolitidi (Box 5.1).

Box 5.1

Deperimento delle Pinete di greto (Salbertrand, Torino)

Dal 2004, nelle Pinete di greto localizzate in Comune di Salbertrand lungo il corso della Dora Riparia, sono state segnalate morie di pino silvestre di ogni classe di diametro e di età. La segnalazione dell'evento al Settore Fitosanitario della Regione Piemonte ha permesso di indagare circa le cause della moria che hanno individuato nel *Pissodes castaneus* il principale agente biotico responsabile, accompagnato da altri insetti e funghi non potenzialmente in grado di determinare morie di interi soprassuoli.

Si è pertanto giunti alla conclusione che l'attacco parassitario da parte di differenti patogeni di debolezza potrebbe essere riconducibile alla prolungata e

severa siccità dell'estate del 2003, probabile fattore di stress per il pino silvestre localizzato su suoli fortemente drenati. Con l'inizio della propagazione del patogeno e della moria di nuclei di piante, il Comune di Salbertrand ha iniziato a cedere a titolo gratuito alla popolazione le piante secche, con richiesta di abbruciamento della ramaglia al fine di contrastare il propagarsi del parassita.

Nel 2008 le assegnazioni sono state decisamente rilevanti, raggiungendo le 240 piante, oltre a 30 di valore economico nullo (diametro inferiore a 14 cm o legname di qualità tecnologica fortemente compromessa) per un totale di 38 m³ su una superficie di circa 8 ha. Negli anni successivi le piante morte in piedi sono state assegnate alla popolazione. Il soprassuolo attuale, conseguente alla moria di pino silvestre e all'esecuzione di interventi dettati soprattutto da motivi paesaggistici, risulta rado e destrutturato e attualmente non risponde ai criteri gestionali propri delle Pinete di greto.

6

Funghi fitopatogeni

6.1 Descrizione generale del disturbo

I funghi fitopatogeni, così come gli insetti, sono importanti componenti nei processi di disturbo negli ecosistemi forestali (WARGO, 1995). Nelle foreste di protezione, in particolare, è molto importante distinguere le malattie che inducono **alterazioni di natura metabolica** alla pianta (agenti di malattie fogliari e agenti di malattie vascolari) da quelle che determinano **alterazioni di tipo meccanico-strutturale** (agenti di carie e di marciume radicale e in misura minore agenti di cancro e necrosi corticale), in quanto sono proprio queste ultime che influiscono direttamente sulla stabilità delle piante. È comunque da sottolineare che, sebbene lo sviluppo di queste malattie a livello di singola pianta possa essere talvolta importante, è a livello di popolamento che si esplica il loro maggiore effetto, in quanto solo quando l'incidenza della malattia* supera determinati valori soglia (variabili a seconda del patogeno considerato) la funzione protettiva delle foreste può essere significativamente compromessa.

Nelle Tabelle 6.1 e 6.2 sono indicati i principali patogeni fungini agenti di alterazioni di tipo meccanico-strutturale o metaboliche riscontrabili nelle foreste di protezione.

La pianificazione degli interventi selvicolturali, finalizzati al contenimento delle infezioni dei funghi fitopatogeni, si basa sulle conoscenze relative all'ecologia, all'epidemiologia e alla biologia di infezione dei patogeni. Prima della pianificazione è dunque necessario procedere a un'accurata diagnosi e identificazione dell'agente causale. Il tipo di alterazione o di sintomi può aiutare nella diagnosi, ma in generale non è un elemento esauritivo per l'identificazione del patogeno. Tradizionalmente, la diagnosi dei funghi agenti di alterazione meccanico-strutturale è effettuata mediante l'impiego di opportune chiavi di identificazione, basata sulle caratteristiche macro- e microscopiche del corpo fruttifero (GONTHIER e NICOLLOTTI, 2007). L'osservazione dei

corpi fruttiferi in foresta, però, non sempre è possibile a causa di una serie di fattori:

- il patogeno fruttifica in uno stadio molto avanzato dell'infezione e quindi potrebbe essere raramente o sporadicamente visibile;
- i corpi fruttiferi di alcune specie si manifestano per breve tempo (ad esempio *Phaeolus schweinitzii*) o esclusivamente in determinate stagioni dell'anno (ad esempio *Armillaria mellea s.l.*).

L'assenza di sintomi e di corpi fruttiferi di agenti patogeni assume carattere indiziario. In nessun caso la loro assenza deve essere assunta come prova di assenza della malattia (Box 6.1).

Nelle pagine che seguono sono descritti i patogeni fungini più frequenti o di più rilevante interesse nei boschi di protezione. Alcuni di questi arrecano danni di tipo meccanico-strutturale e possono influire sulla stabilità delle piante (Box 6.2): *Hetero-*

Tabella 6.1

Frequenza di corpi fruttiferi o altri segni (es. rizomorfe) dei principali funghi agenti di marciume radicale e carie del legno censiti nei boschi di protezione.

Specie fungine	F (%) ⁽¹⁾	Specie ospite	Malattia indotta ⁽²⁾
<i>Heterobasidion annosum</i> s.s. (Fr.) Bref. ⁽³⁾	80,0	pino strobo ⁽⁴⁾	Non determinata
	0,6	abete rosso	Carie bianca*
<i>Phaeolus schweinitzii</i> (Fr.) Pat.	33,0	pino cembro	Carie bruna*
	10,0	pino strobo ⁽⁴⁾	
	0,9	pino uncinato	
<i>Fomitopsis pinicola</i> (Sw.) P. Karst.	12,2	abete rosso	Carie bruna
	1,4	pino silvestre	
	0,9	larice	
<i>Heterobasidion abietinum</i> Niemelä & Korhonen ⁽³⁾	10,0	pino strobo ⁽⁴⁾	Carie bianca
	.. ⁽⁵⁾	abete bianco	
<i>Stereum sanguinolentum</i> (Alb. & Schwein.) Fr.	9,1	larice	Carie bianca
	0,6	abete rosso	
<i>Armillaria gallica</i> Marxm. & Romagn. ⁽⁶⁾	5,4	faggio	Marciume radicale
<i>Heterobasidion parviporum</i> Niemelä & Korhonen ⁽³⁾	5,3	abete rosso	Carie bianca
<i>Armillaria cepistipes</i> Velen. ⁽⁶⁾	3,8	abete rosso	Marciume radicale
	1,8	larice	
<i>Climacocystis borealis</i> (Fr.) Kotl. & Pouzar	0,9	larice	Carie bianca
<i>Armillaria ostoyae</i> (Romagn.) Herink ⁽⁶⁾	0,7	faggio	Marciume radicale
	0,3	abete rosso	

⁽¹⁾ Rapporto percentuale tra il numero di piante infette di una determinata specie ospite rispetto al numero totale di piante analizzate di quella stessa specie.

⁽²⁾ Per carie si intende carie del cilindro centrale.

⁽³⁾ Specie inclusa nel complesso di specie *H. annosum* sensu lato (s.l.).

⁽⁴⁾ Benché specie non comune, forma alcune limitate foreste di protezione in Piemonte.

⁽⁵⁾ Dati di frequenza non disponibili.

⁽⁶⁾ Specie inclusa nel complesso di specie *A. mellea* sensu lato (s.l.).

basidion annosum s.l., *Armillaria mellea s.l.*, *Fomitopsis pinicola* e *Stereum sanguinolentum*. Per ulteriori approfondimenti sulla biologia e sugli orientamenti di difesa contro questi patogeni sulle Alpi si rimanda a GONTHIER (2010).

Oltre a questi patogeni sono trattati *Cryphonectria parasitica*, *Phytophthora cambivora* e *P. cinnamomi*, i principali agenti di malattia del castagno, nonché *Lachnellula willkommii*, il più grave agente patogeno del larice.

Tabella 6.2

Principali patogeni agenti di cancro e necrosi corticale e di alterazioni di natura metabolica riscontrabili nei boschi di protezione.

Agente patogeno	Specie ospite	Malattia indotta e sintomi
<i>Apiognomonina errabunda</i> (Roberge) Höhn	faggio	Sulle foglie aree necrotiche di discrete dimensioni, dai contorni ben definiti ma irregolari, che si sviluppano prevalentemente a partire dalle nervature.
<i>Cenangium ferruginosum</i> Fr.: Fr.	pino silvestre, p. nero, p. montano	Disseccamento dei rami con colonizzazione delle parti più aduggiate della chioma di piante adulte.
<i>Chrysomyxa rhododendri</i> (DC) De Bary	abete rosso	L'infezione avviene all'inizio della primavera. Gli aghi infetti ingialliscono e cadono precocemente dando luogo a intense defogliazioni.
<i>Cronartium flaccidum</i> (Alb. & Schw.) G. Wint.	pino silvestre, p. nero	Colpisce i pini a 2 aghi. Disseccamento dei rami che assumono una colorazione rosso-bruna e comparsa in corrispondenza degli stessi di cancri fusiformi rigonfiati e fessurati.
<i>Cronartium ribicola</i> Fisch.	pino cembro	Colpisce i pini a 5 aghi. I sintomi sono simili a quelli di <i>C. flaccidum</i> .
<i>Cryphonectria parasitica</i> (Murr.) Barr.	castagno	Agente del cancro del castagno. Per una trattazione più completa si rimanda al Paragrafo 6.7
<i>Cyclaneusma minus</i> (Butin) DiCosmo, Peredo & Minter	pino silvestre, p. uncinato, p. mugho	Caduta precoce degli aghi, generalmente durante il periodo estivo.
<i>Gremmeniella abietina</i> (Lagerb.) Morelet	pino cembro, p. montano, p. silvestre, p. nero	Morte dei getti dell'ultimo anno alla fine della stagione invernale. Il ripetersi della malattia può talvolta determinare la morte della pianta.
<i>Herpotrichia juniperi</i> (Duby) Petrak	abete rosso, pini, abete bianco, ginepro	Uno spesso micelio nerastro avvolge completamente gli aghi di interi rami o di piante intere. Dapprima gli aghi restano verdi poi imbruniscono e muoiono, rimanendo penduli sul rametto.
<i>Lachnellula willkommii</i> (Hartig) Dennis	larice	Agente del cancro del larice. Per una trattazione più completa si rimanda al Paragrafo 6.9

<i>Lophodermium seditiosum</i> Minter, Stanley & Millar	pino silvestre, p. nero, p. cembro, p. mugo	Gli aghi colpiti cadono nella primavera o all'inizio dell'estate del secondo anno dall'infezione e manifestano pustole scure di forma ovoidale con fenditura centrale.
<i>Melampsorella caryophyllacearum</i> (DC) Schroet.	abete bianco	Agente della malattia degli scopazzi dell'abete bianco. Il tronco e i rami, in corrispondenza della zona colonizzata, subiscono una forte ipertrofia. Gli scopazzi presentano in genere aghi più piccoli che cadono precocemente.
<i>Meria laricis</i> Vuill.	larice	Subito dopo l'apertura delle gemme e l'espansione degli aghi, su questi ultimi si differenziano piccole aree o bande giallastre. Le aree clorotiche diventano successivamente brune.
<i>Mycosphaerella pini</i> Rostr. ex Munk	pino nero, p. mugo, larice, abete rosso	Ingiallimento degli aghi che poi evolve in lesioni o bande trasversali dapprima giallo-brunastre e poi bruno-rossastre.
<i>Mycosphaerella maculiformis</i> (Pers.) Schroet.	castagno	Sulle foglie macchie dai contorni angolosi di colore bruno rossiccio dapprima piccole e sparse e poi confluenti. Le foglie colpite disseccano e cadono in agosto-settembre.
<i>Phacidium infestans</i> P. Karsten	pino cembro, p. silvestre	In seguito allo scioglimento della neve sugli aghi dei rami bassi si manifesta una progressiva perdita di colore. Gli aghi morti di color grigio restano attaccati al ramo durante il successivo inverno per poi cadere gradualmente nell'estate successiva.
<i>Phytophthora cambivora</i> (Petri) Buis., <i>P. cinnamomi</i> Rands	castagno	Agente del mal dell'inchiostro del castagno. Per una trattazione più completa si rimanda al Paragrafo 6.8
<i>Rhytisma acerinum</i> (Pers.) Fr.	acero campestre, a. montano	Durante l'estate sulla pagina superiore delle foglie appaiono una o più macchie chiare, di 2-3 cm di diametro, le quali diventano poi nerastre e crostose. Le foglie malate cadono precocemente in autunno.
<i>Sclerophoma pithyophila</i> (Corda) Hohn.	pino silvestre, p. nero	Parassita secondario, favorito da condizioni di stress delle piante. Provoca ingiallimento e caduta precoce degli aghi.
<i>Sphaeropsis sapinea</i> (Fr.) Dyko et Sutton	pino silvestre, p. nero	Disseccamento dei getti in fase di distensione. Sulle piante più vecchie l'infezione può anche interessare i tessuti dei rami. Il legno, specialmente l'alburno, si presenta azzurrato.

Box 6.1

L'assenza di corpi fruttiferi di funghi fitopatogeni non indica l'assenza di malattia: un caso di studio



Nell'autunno 2009 è stata rilevata l'incidenza dei funghi agenti di marciume radicale e carie del legno, *H. annosum s.l.* e *A. mellea s.l.*, su 270 piante comprendenti abete rosso (80%), larice (13%) e pino uncinato (7%) e site in foreste di protezione nei comuni di Aymavilles, Jovençon e Ayas (Valle d'Aosta) e nel comune di Claviere (Piemonte).

La valutazione dell'incidenza dei funghi è stata effettuata secondo due modalità: a) sulla base della frequenza di ritrovamento dei corpi fruttiferi e/o rizomorfe dei patogeni; b) sulla base del rilevamento mediante metodi molecolari di tracce di DNA dei funghi patogeni all'interno delle piante a livello del colletto. Ciascuna pianta è stata osservata attentamente per la presenza dei corpi fruttiferi e campionata alla base con trapano al fine di ricavare segatura da cui poter estrarre DNA fungino.

Solo nel 4% dei casi è stata osservata la presenza di corpi fruttiferi e/o rizomorfe. Tuttavia, le analisi molecolari hanno dimostrato che il 50% delle piante erano infette da uno o entrambi i patogeni. *H. annosum s.l.* e *A. mellea s.l.* sono stati rilevati con il metodo molecolare, rispettivamente, nel 69% e nel 19% delle piante infette; il restante 12% delle piante infette è risultato colonizzato da entrambi i patogeni fungini.

I risultati indicano che la valutazione dell'incidenza di funghi agenti di marciume radicale e carie del legno operata mediante il rilevamento dei corpi fruttiferi sottostima notevolmente la reale incidenza di tali patogeni. Il 93% delle piante infette non presentava corpi fruttiferi e/o rizomorfe.



6.2 Analisi storica del disturbo

La ricostruzione storica degli eventi fitopatologici che hanno interessato le foreste di protezione è molto difficile in quanto spesso non esiste una "memoria scritta".

Fra le avversità di origine fungina, la documentazione riguarda soprattutto le malattie del castagno che, per il suo interesse come pianta da frutto oltre che come essenza forestale, è stato oggetto di maggiori osservazioni. Per quanto riguarda la Valle d'Aosta, il mal dell'inchiostro (agente causale: *Phytophthora cambivora*) è una malattia sicuramente diffusa nei Castagneti regionali da molto tempo, come testimoniano i proprietari più anziani dei popolamenti da frutto. A partire presumibilmente

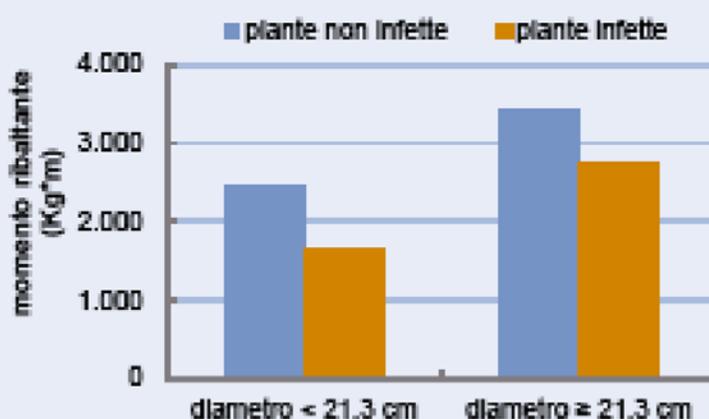
Box 6.2

Effetto dei marciumi radicali e delle carie del legno sulla stabilità delle piante



Allo scopo di valutare l'influenza dei marciumi radicali e delle carie del legno da *H. annosum* s.l. sulla stabilità delle piante, nel 2010 è stato condotto un esperimento di resistenza al ribaltamento in un popolamento di abete rosso sito nei comuni di Aymavilles e Jovençon (Valle d'Aosta). L'indagine è stata eseguita su 120 piante di abete rosso appartenenti a diverse classi diametriche e delle quali 64 sane e 56 infette. La trazione delle piante è stata esercitata mediante un cavo metallico azionato da verricello collegato a un dinamometro.

Il ruolo del patogeno sulla stabilità meccanica delle piante è risultato significativo ($P < 0,05$). Le piante infette con diametro $\geq 21,3$ cm (diametro medio del campione considerato) manifestano una resistenza al ribaltamento inferiore di circa il 20% rispetto alle piante non infette. Per diametri inferiori, la riduzione di resistenza al ribaltamento delle piante infette si attesta a circa il 33%.



dall'ultimo dopoguerra, l'incidenza della malattia è via via diminuita, fino a quasi esaurirsi. Per quanto riguarda il cancro corticale del castagno (agente causale: *Cryphonectria parasitica*), la prima segnalazione in Italia risale al 1938. In Valle d'Aosta è stata segnalata per la prima volta nel 1954 al confine tra i comuni di Bard e Donnas. Malgrado gli interventi tempestivi, la sua diffusione è risultata inarrestabile negli anni successivi: nel 1958 quasi tutto il versante sinistro del torrente Ayasse è colpito da cancro e nel 1965 la malattia è ormai diffusa quasi ovunque. Nonostante i molteplici tentativi di contenere la diffusione del patogeno, la malattia interessa al momento attuale l'intera superficie occupata dal castagno. Per quanto riguarda il Piemonte dalla prima metà del 1900 il castagno è andato incontro a deperimenti e morie, con esiti drammatici, dovuti sia a *C. parasitica* che a *P. cambivora*. Attualmente il cancro corticale è una malattia presente in tutte le aree castanicole piemontesi, ma con incidenza diversa da zona a zona. Il mal

dell'inchiostro, dopo un periodo relativamente lungo di stasi, ha subito una recrudescenza destando viva preoccupazione per la sorte dei Castagneti sia da frutto sia da legno siti in alcune località piemontesi (Valle Stura di Demonte, Valle Pellice, Valle Mongia, Valle Pesio). Tuttavia la reale diffusione in Piemonte del mal dell'inchiostro non è conosciuta.

Qualche scarsa informazione è stata pubblicata anche riguardo ai marciumi delle conifere da *Heterobasidion annosum s.l.*, ma limitatamente alla regione Valle d'Aosta. In questa regione dove gli attacchi sono stati osservati per la prima volta in tutta la loro gravità negli anni 1947-1948, quando la Relazione annuale sui lavori di sistemazione montana e rimboschimenti indicò che il marciume aveva causato fino al 50% di perdite in prodotto legnoso. In Valle d'Aosta, inoltre, qualche rara informazione è emersa nell'ambito del Censimento annuale dei boschi e delle piante colpite da avversità. In particolare, negli anni 1993, 1994 e 1997, in diverse località della Regione, sono stati segnalati ingenti attacchi di *Chrysomyxa rhododendri*, agente di ruggine vescicolosa degli aghi di abete rosso, che hanno interessato aree con superficie complessiva pari rispettivamente a 350, 200 e 52 ha.

6.3 Heterobasidion annosum s.l.

Sulle Alpi *H. annosum s.l.* include tre specie: *H. abietinum*, *H. parviporum* e *H. annosum s.s.* associati prevalentemente all'abete bianco, all'abete rosso e ai pini.

Distribuzione e specie ospiti

H. annosum s.l. è uno tra i più importanti patogeni delle conifere nelle regioni temperate e si può riscontrare in fase parasitaria in Peccete, Abetine, Lariceti e Cembrete, Pinete di pino silvestre e pino montano.



Figura 6.1 A sinistra corpo fruttifero di *H. annosum s.l.*; a destra particolare della superficie inferiore porosa.

Tipologia di alterazione

Cresce su conifere viventi su cui determina una carie bianca del cilindro centrale, delle radici e della parte basale del tronco o marciume radicale.

Riconoscimento della malattia in foresta ed elementi diagnostici

Il primo elemento di riconoscimento della malattia è rappresentato dai **corpi fruttiferi** che si sviluppano alla base di piante morte, deperienti o alla base di ceppaie o sulle loro radici. Le fruttificazioni sono pluriennali, a mensola o resupinate, con la superficie superiore concentricamente zonata di colore bruno tabacco, che inscurisce con l'età, e caratterizzata, almeno quando il corpo fruttifero è in fase di crescita attiva, da margini distinti di colore bianco (Figura 6.1). La superficie inferiore è formata da pori di tinta chiara, angolosi, del diametro di 0,2-0,6 mm (Figura 6.1). Le dimensioni dei corpi fruttiferi sono molto variabili: da 1 fino a 40 cm. Nelle specie con durame resinoso (*Pinus* spp.) generalmente il fungo determina marciume radicale. I sintomi associati non sono caratteristici e possono essere confusi con quelli causati da altri funghi agenti di **marciume radicale** (es. *A. mellea* s.l.). L'esito finale degli attacchi è spesso la morte della pianta (Tabella 6.3). Nelle specie con durame non resinoso (*Picea* spp. e *Abies* spp.), ma anche su larice e pino cembro, in genere il fungo colpisce piante adulte colonizzando il durame e provocando una tipica **carie del cilindro centrale** (Tabella 6.3). La presenza del patogeno in questo caso può essere riscontrata soltanto sulle sezioni delle ceppaie o dei tronchi tagliati sotto forma di macchie che possono assumere varie colorazioni; negli stadi più avanzati della degradazione i tronchi possono manifestare sezioni cave all'interno delle quali rimangono inalterati soltanto i nodi (Figura 6.2).

Tabella 6.3

Suscettibilità delle specie forestali alpine alle diverse specie di *H. annosum* s.l. e principali sintomi causati dal patogeno (GONTHIER, 2010 modificato).

Specie ospite	<i>H. parviporum</i>		<i>H. abietinum</i>		<i>H. annosum</i> s.s.	
Abete bianco			+++	C		
Abete rosso	++++	C			++	C
Larice	++	C			+	C
Pino cembro	++	C			++	C
P. silvestre					++	M
P. uncinato					++	M
Latifoglie					+	-

La lista non considera la suscettibilità e i sintomi a carico dei semenzali. Simboli: + segnalato; ++ occasionalmente colpito; +++ suscettibile; ++++ molto suscettibile; M marciume radicale e mortalità; C carie del cilindro centrale; - saprofita.



Figura 6.2 Fasi successive del processo degradativo indotto da *H. annosum* s.l. su abete rosso; da sinistra: carie incipiente (macchie), carie in stadio avanzato e presenza di cavità.

Fattori predisponenti

Il fungo infetta tramite spore la superficie di ceppaie fresche o ferite e una volta insediatosi è in grado di propagarsi per contatto radicale a piante sane. I tagli di diradamento o di utilizzazione sono il fattore maggiormente responsabile dell'insediamento e della diffusione di *H. annosum* s.l. nelle foreste gestite, poiché provocano l'aumento delle superfici ricettive alle spore (ceppaie e ferite). L'insediamento e la diffusione del patogeno sono favoriti dalla presenza di conifere più o meno suscettibili, mentre l'intensità degli attacchi è influenzata dalla storia del sito. I danni causati dal parassita sono in genere maggiori su suoli precedentemente adibiti a uso agrario che su suoli forestali e su suoli calcarei (alcalini). Nei siti tipicamente forestali il rischio di infezione è strettamente associato al grado di infezione del sito stesso e delle foreste limitrofe e alle pratiche selvicolturali.

Effetti ecologici del disturbo

Gli attacchi di *H. annosum* s.l. rendono le piante più suscettibili al ribaltamento e a stroncature, nel caso si comporti rispettivamente da agente di marciume radicale o di carie del fusto (Box 6.2). Non è un patogeno di debolezza, per cui non seleziona le piante più vigorose. Forti attacchi possono influenzare la composizione specifica delle foreste solo quando il fungo uccide le piante, ovvero quando si comporta da agente di marciume radicale, ma non quando causa carie del cilindro centrale.

Indirizzi di difesa

Nel caso di *H. annosum* s.l. un'efficace strategia di difesa è quella mirata alla fase di infezione mediante spore e alla fase del suo primo insediamento. Tale obiettivo può essere perseguito attraverso molteplici vie (GONTHIER 2010):

- procedendo agli **abbattimenti e ai diradamenti in foresta nei mesi invernali o primaverili**, quando il rischio di



Figura 6.3 Trattamento di una ceppaia con urea al 30% di concentrazione in un cantiere forestale in Valle d'Aosta.

infezione da spore è nullo o ancora limitato;

- **trattando la superficie delle ceppaie** subito dopo il taglio con prodotti chimici o biologici. Può essere consigliato l'uso di urea al 30% di concentrazione (NICOLOTTI e GONTHIER, 2005; GONTHIER *et al.*, 2007) (Figura 6.3);
- prestando attenzione nel corso delle operazioni di taglio ed esbosco a **non provocare lesioni sulle radici o sul fusto**.

La **difesa integrata** si basa sul trattamento delle ceppaie mediante urea al 30% di concentrazione, combinato con un'appropriate programmazione dei diradamenti e delle operazioni di abbattimento, e con pratiche finalizzate alla promozione di specie tolleranti (GONTHIER, 2010) (Figura 6.4). Interventi selvicolturali finalizzati alla **promozione di specie tolleranti** (es.

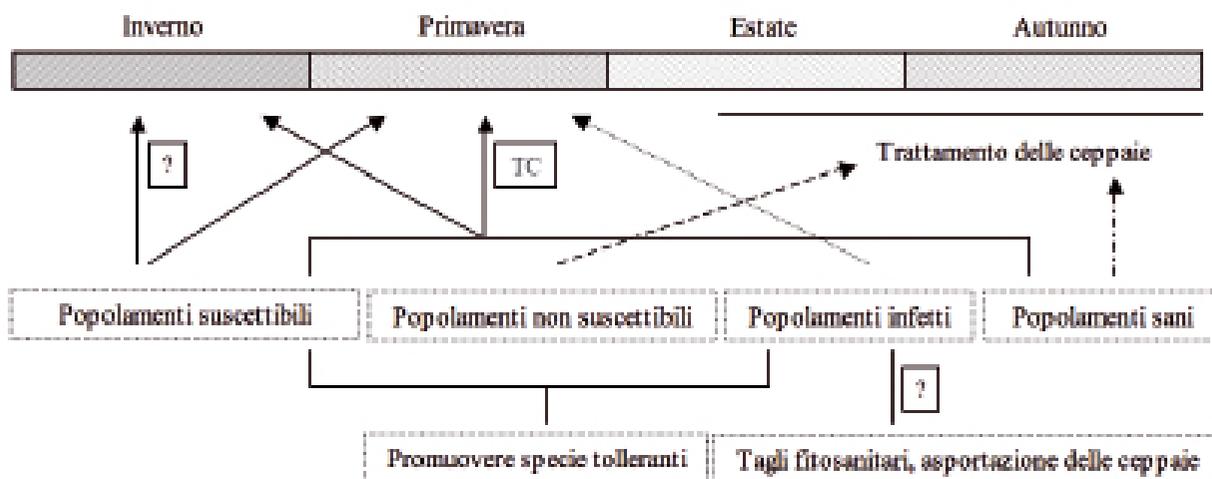


Figura 6.4 Diagramma relativo al sistema di difesa integrata contro *H. annosum* s.l. nelle Alpi occidentali. Le frecce indicano per i diversi popolamenti i periodi ottimali nei quali effettuare gli interventi selvicolturali. Il trattamento delle ceppaie è effettuato mediante urea al 30% di concentrazione. I simboli indicano: ? dove possibile; TC trattamento delle ceppaie (GONTHIER, 2010 modificato).

larice in foreste di abete rosso) sono indicati quando l'incidenza della malattia supera il 70%. I **tagli fitosanitari** e il conseguente esbosco delle piante morte è possibile esclusivamente nei popolamenti in cui il patogeno è letale (es. nelle Pinete di pino silvestre). I popolamenti più suscettibili dovrebbero essere tagliati preferenzialmente in primavera e all'inizio dell'estate, quando il rischio di infezione delle ceppaie è limitato. I popolamenti meno suscettibili e ancora sani potrebbero essere tagliati nel corso dell'estate o dell'autunno trattando le ceppaie. Gli interventi nel corso della stagione invernale potrebbero essere possibili localmente, alle quote più basse. L'asportazione delle ceppaie è un'operazione efficace, ma improponibile nelle foreste di protezione.

6.4 Armillaria mellea s.l.

A. mellea s.l. comprende sulle Alpi sette specie caratterizzate da differenze in termini di distribuzione geografica, specie ospiti e virulenza: *A. mellea* (Vahl) P. Kumm. *sensu stricto* (s.s.), *A. ostoyae*, *A. borealis* Marxm. & Korhonen, *A. gallica*, *A. cepistipes*, *A. tabescens* (Scopoli) Emel e *A. ectypa* (Fries) Lamour. Tutte le specie sono state segnalate nelle aree alpine, sebbene alcune di queste (*A. tabescens*, *A. mellea*), data la loro natura termofila, siano più frequenti a quote inferiori e nelle aree mediterranee.

Distribuzione e specie ospiti

Il patogeno può essere riscontrato in Peccete, Abetine, Lariceti e Cembrete, Pinete di pino silvestre e pino montano, Castagneti e Faggete.

Tipologia di alterazione

È agente di marciume radicale.



Figura 6.5 A sinistra corpi fruttiferi di *A. mellea s.l.*; a destra, particolare della superficie inferiore lamellata e dell'anello.



Figura 6.6 A sinistra micelio bianco sottocorticale di *A. mellea* s.l.; a destra micelio e rizomorfe.

Riconoscimento della malattia in foresta ed elementi diagnostici

Le piante attaccate da *A. mellea* s.l. mostrano sintomi tipici delle **alterazioni del sistema radicale**. Gli alberi colpiti non presentano sintomi fino a quando l'apparato radicale non è così degradato da compromettere le capacità di approvvigionamento idrico e nutrizionale. Solo in questa fase a livello della chioma si manifestano sintomi quali la **ridotta densità dei germogli** o l'**aborto delle gemme** e l'**ingiallimento** e la **prematura caduta delle foglie**. Con il procedere dell'infezione questi sintomi tendono ad acutizzarsi, fino a provocare la **morte di branche intere** o di tutto l'albero. Quest'ultimo in genere cessa di vegetare all'inizio della primavera in seguito all'emissione degli ultimi germogli, che avvizziscono rimanendo per lungo tempo attaccati ai rami. I corpi fruttiferi del fungo si differenziano alla base di piante morte, deperienti o su cepaie, generalmente nel periodo autunnale. Sono bruni o color miele; essi in genere crescono in cespi, ma talvolta si trovano singoli. Occasionalmente si formano a una certa distanza dal fusto della pianta infetta. Il cappello, che può raggiungere i 50-150 mm di larghezza, presenta spesso sulla superficie superiore caratteristiche scaglie scure e in quella inferiore presenta lamelle di color giallo pallido (Figura 6.5). Il gambo, che può raggiungere i 2 cm di spessore, presenta un anello (Figura 6.5). Scortecciando la base delle piante o le grosse radici si osservano placche di micelio color bianco o crema, che assumono la caratteristica forma a ventaglio (Figura 6.6). La loro consistenza ricorda la pelle di camoscio. Oltre al micelio, sotto la corteccia possono differenziarsi anche le rizomorfe (Figura 6.6). Queste strutture, presenti anche nel suolo e fondamentali per la propagazione del patogeno, sono scure e simili nell'aspetto a radici.

Fattori predisponenti

A. mellea s.l. infetta i suoi ospiti a livello dell'apparato radicale (radici di medie e grandi dimensioni) o a livello del colletto mediante contatti radicali o rizomorfe.

Qualsiasi forma di asfissia, anche temporanea, a livello radicale è capace di predisporre le piante ad attacchi se il terreno è colonizzato. Il fungo è infatti un noto patogeno secondario, di debolezza.

Sebbene *A. mellea s.l.* non richieda la presenza di ferite per infettare le piante, gli interventi selvicolturali, soprattutto i diradamenti, possono favorirne la diffusione attraverso ferite radicali o al colletto, in quanto rappresentano una forma di stress e di indebolimento delle difese per la pianta. Inoltre, le condizioni del sito, l'età del popolamento al momento del taglio, la virulenza della specie di *A. mellea s.l.* e lo stato di salute delle piante al momento dell'intervento possono influire sulla diffusione del patogeno dopo un diradamento.

Effetti ecologici del disturbo

Come tutti gli agenti di marciume radicale, le infezioni da *A. mellea s.l.* rendono le piante particolarmente suscettibili al ribaltamento. In genere il fungo attacca le piante meno vigorose e seleziona quindi quelle più vigorose.

Indirizzi di difesa

La difesa nei confronti di *A. mellea s.l.* si dimostra difficile, con risultati tardivi e spesso incerti.

Negli impianti artificiali (es. Pinete, Peccete) sarebbe opportuno eliminare le piante infette **asportandone anche l'apparato radicale**, lavorare il terreno e lasciarlo libero per almeno un anno.

Nel caso di rimboschimenti è consigliabile preferire le specie arboree più adatte agli ambienti di introduzione, evitando impianti monospecifici ed eccessivamente densi.

6.5 Fomitopsis pinicola

Distribuzione e specie ospiti

È una specie molto comune nella zona alpina. Cresce più frequentemente come saprofita su piante morte e ceppaie su cui continua a fruttificare; raramente come debole parassita su piante vive. Il patogeno si può riscontrare in Peccete, Abetine, Lariceti e Cembrete, Pinete di pino silvestre e pino montano.

Tipologia di alterazione

È agente di carie bruna molto intensa e rapida (Figura 6.7). La carie allo stadio iniziale è di colore da giallo a bruno pallido. In seguito il legno si spezza in cubetti formando una tipica carie cubica, secca, che emana un vago odore di uova marce.



Figura 6.7 Campione di legno con caratteristica carie bruna cubica. Si notano le sfaldature del legno secondo tre piani ortogonali.

Riconoscimento della malattia in foresta ed elementi diagnostici

I **corpi fruttiferi** sono pluriannuali, a mensola (Figura 6.8). I margini sono arrotondati, dapprima giallastri poi rossastri. La consistenza è legnosa, possono raggiungere dimensioni notevoli, fino a 20 x 40 x 15 cm. La superficie superiore è concentricamente solcata, zonata, quasi laccata. Durante la crescita i corpi fruttiferi variano di colore, dal giallo al rosso ciliegia al rosso scuro, fino al bruno e al nero nei campioni maturi. La superficie inferiore è poroide e di color bianco crema (Figura 6.8), con piccoli pori rotondeggianti, 3-4 (5) per mm².

Fattori predisponenti

Può penetrare in piante sane attraverso ferite, rotture di cimali, fori di insetto, lesioni da vischio.

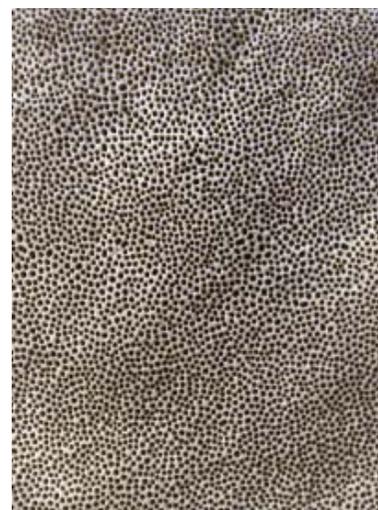


Figura 6.8 A sinistra e al centro corpi fruttiferi di *F. pinicola*; a destra particolare della superficie inferiore porosa.

Effetti ecologici del disturbo

La carie indotta da *F. pinicola*, oltre a determinare un notevole deprezzamento tecnologico del legname, rende i fusti delle piante colpite più soggette a rottura.

Indirizzi di difesa

La difesa non può che essere preventiva e si attua **limitando l'invecchiamento eccessivo** del soprassuolo forestale ed evitando, per quanto possibile, la creazione di ferite. Interventi selvicolturali finalizzati al contenimento della competizione mediante una riduzione della densità possono ridurre l'incidenza di questo patogeno.

6.6 Stereum sanguinolentum

Distribuzione e specie ospiti

Il fungo attacca diverse specie di conifere e si può riscontrare in Lariceti e Cembrete, Peccete, Abetine e Pinete di pino silvestre e pino montano.

Tipologia di alterazione

È la più importante tra le specie fungine coinvolte nel fenomeno cosiddetto di "carie da ferita" in foresta. È agente di carie bianca.

Riconoscimento della malattia in foresta ed elementi diagnostici

I **corpi fruttiferi** del fungo si formano in corrispondenza delle ferite (Figura 6.9) oltre che sul lato inferiore di fusti atterrati o occasionalmente su piante morte in piedi. Questi sono annuali, resupinati e formano placche crostose e coriacee. La superficie



Figura 6.9 A sinistra corpi fruttiferi di *S. sanguinolentum* in corrispondenza di ferite. A destra corpo fruttifero tinto di rosso sangue dopo sfregamento.

superiore è ondulata, zonata, talvolta di colore verde per la presenza di alghe. La superficie inferiore è liscia di colore da giallo a bruno ocraceo, spesso con una tinta violetta, più chiara ai margini sui corpi fruttiferi freschi; questa si tinge velocemente di rosso sangue se sfregata (Figura 6.9).

La **carie** ai primi stadi si manifesta come macchie rosso brune nel durame. In seguito il legno diventa da bruno chiaro a rosso con tessitura soffice e leggera (Figura 6.10). In questa fase possono essere visibili porzioni di micelio bianco e molto sottile. Allo stadio finale, la carie si presenta molto fibrosa. Il fungo è così rapido nel condurre il processo degradativo che è stato dimostrato che può crescere all'interno del fusto della pianta attaccata fino a 40 cm all'anno in senso longitudinale.

Fattori predisponenti

Il fungo infetta mediante spore solo attraverso ferite, in modo particolare ferite di almeno 10 x 10 cm (Box 6.3). Le infezioni da *S. sanguinolentum*, che sono un problema relativamente recente, sembrano essere strettamente associate all'incremento della meccanizzazione in foresta.

Effetti ecologici del disturbo

La carie indotta da *S. sanguinolentum* rende le piante colpite più suscettibili a rottura del fusto.

Indirizzi di difesa

Il contenimento dei danni può essere realizzato **preservando il più possibile dalle ferite meccaniche** le piante in piedi durante le operazioni di abbattimento, concentramento ed esbosco del legname.



Figura 6.10 A sinistra e al centro, esempi di degradazione del legno di colore rosso-brunastro a opera di *S. sanguinolentum*; a destra corpo fruttifero del patogeno sviluppatosi in corrispondenza della porzione degradata.

Box 6.3

Importanza delle lesioni meccaniche nell'innescare infezioni di patogeni da ferita



Per valutare l'importanza delle lesioni meccaniche nell'innescare infezioni da parte dei quattro principali agenti di carie del fusto segnalati nelle foreste di protezione, *Heterobasidion annosum s.s.*, *H. parviporum*, *Fomitopsis pinicola* e *Stereum sanguinolentum*, nel 2009 sono state allestite delle prove di inoculazione in un popolamento di abete rosso sito nei comuni di Aymavilles e Jovençan (Valle d'Aosta). Complessivamente sono state inoculate circa 60 piante adulte e sane. Le inoculazioni hanno riguardato sia tasselli di legno pre-colonizzati dal micelio di ciascuno dei funghi (A) sia sospensioni di spore (B). Nel primo caso l'inoculazione è stata realizzata praticando dei fori di circa 1,5 cm di diametro nel fusto mediante trapano, nel secondo caso operando delle specchiature di 2,5 x 5 cm mediante scalpello e nebulizzando la sospensione di spore. Un congruo numero di lesioni non sono state inoculate né con il micelio né con le spore (ferite di controllo).

A distanza di un anno dalle inoculazioni le piante sono state abbattute, depezzate e analizzate. *H. parviporum*, *H. annosum s.s.* e *S. sanguinolentum* hanno avviato un processo infettivo rispettivamente nel 74%, nel 64% e nel 51% delle piante inoculate. *F. pinicola* ha invece manifestato una capacità di infezione notevolmente più bassa (25% delle piante inoculate). La predisposizione delle lesioni meccaniche alle infezioni di patogeni da ferita ha trovato ulteriore conferma nel fatto che infezioni dovute a *S. sanguinolentum* e *H. annosum s.l.* sono state riscontrate anche in corrispondenza delle ferite di controllo (non inoculate) rispettivamente nel 8% e nel 30% delle piante. In un ulteriore 25% dei casi sono stati riscontrati entrambi i patogeni sulla stessa pianta.

6.7 Cryphonectria parasitica

Distribuzione e specie ospiti

C. parasitica è un patogeno del castagno e delle querce. Molto suscettibile è però solamente il castagno.

Tipologia di alterazione

Il cancro consiste in una lesione necrotica localizzata a carico dei tessuti sottocorticali, alla quale la pianta reagisce attivamente.

Riconoscimento della malattia in foresta ed elementi diagnostici

La malattia si manifesta sulle piante con il disseccamento di rami e branche o dell'intero tronco. La malattia è riconoscibile anche osservando le piante da lontano per la presenza di **singoli rami** o **branche disseccate** (Figura 6.11A), che pos-

sono portare foglie secche e ricci ancora immaturi (Figura 6.11B). Gli aspetti sintomatici più caratteristici si riscontrano, sia pure con manifestazioni diverse, tanto sui polloni e sui giovani rami quanto sui rami adulti lignificati e sul tronco. Sui primi si notano **tacche rosso mattone** che risultano più sviluppate longitudinalmente e leggermente depresse (Figura 6.11C). Tali aree tendono ad allargarsi interessando porzioni sempre maggiori dell'organo colpito, fino a circondarlo completamente causandone la morte. In seguito i tessuti necrosati subiscono una tensione causata dai tessuti limitrofi vivi in accrescimento, spaccandosi longitudinalmente in profonde fenditure che raggiungono il legno e costituendo il cosiddetto **cancro letale** (Figura 6.11D). La parte distale dell'organo colpito secca. Alla base del cancro frequentemente la pianta reagisce **emettendo numerosi rami epicormici**. Fra le fenditure dei cancri e più spesso sulla scorza dei rami, esclusi quelli giovani, si formano numerose **pustole rosso-rugginose** di 1,5-2 mm di diametro, costituite dai corpi fruttiferi del patogeno (Figura 6.11E). Una seconda tipologia di cancri, detti **cancri non letali** (Figura



Figura 6.11 Segni e sintomi associati al cancro del castagno: A) branche disseccate; B) foglie secche e ricci immaturi ancora attaccati alla pianta; C) tacca rosso mattone longitudinale leggermente depressa; D) profonde spaccature longitudinali costituenti il cancro letale; E) corpi fruttiferi di *C. parasitica*.

6.12), è causata da una **forma ipovirulenta** del fungo. Tali alterazioni interessano gli strati più superficiali della corteccia lasciando inalterati gli strati più profondi. Le forme ipovirulente del fungo sono in grado in determinate condizioni di neutralizzare le forme virulente, convertendo cancri potenzialmente letali in forme non letali. Tra il cancro letale e il cancro non letale esistono altre forme di cancro a carattere intermedio.

Fattori predisponenti

C. parasitica è un tipico patogeno da ferita, pertanto la presenza di lesioni o microferite favorisce la penetrazione del fungo (cicatrici di rami spezzati o tagliati, grandine, ferite da innesto sulle giovani piante da frutto e tagli di potatura nelle piante di maggiori dimensioni).

Effetti ecologici del disturbo

C. parasitica può determinare danni molto ingenti, basti pensare al fatto che è stata la causa principale dell'abbandono dei Castagneti da frutto fino alla fine degli anni '70, quando la castanicoltura si è via via ripresa grazie alla diffusione naturale delle forme ipovirulente del fungo.

Indirizzi di difesa

La difesa contro il cancro del castagno può essere o di tipo selvicolturale o di tipo biologico.

Gli **interventi selvicolturali** più importanti sono:

- l'eliminazione dei cancri letali mediante asportazione dei rami colpiti o dell'intera pianta;
- il mantenimento delle piante caratterizzate da cancri ipovirulenti attivi (nei boschi cedui è opportuno il rilascio di almeno 50 polloni/ha con cancri ipovirulenti);



Figura 6.12 A sinistra cancro letale; a destra cancro non letale (ipovirulento).

- la distruzione dei materiali di risulta;
- la protezione delle ferite di potatura con prodotti rameici.
- la disinfezione degli attrezzi impiegati nei tagli mediante sali quaternari di ammonio;
- le ripuliture del sottobosco dai ricci caduti in autunno e da topi di legno di castagno (e querce) poiché costituiscono potenziali nicchie di rifugio del patogeno.

La **difesa biologica** può essere operata **inoculando ceppi ipovirulenti del fungo sotto la corteccia** dei cancri, i quali potranno quindi andare incontro a guarigione. Tale tipo di difesa può essere pianificata e attuata esclusivamente da personale altamente qualificato, poiché per la sua buona riuscita è essenziale la conoscenza di alcuni aspetti genetici delle popolazioni locali del fungo patogeno.

6.8 Phytophthora cambivora e P. cinnamomi

Distribuzione e specie ospiti

La sindrome, meglio nota come **mal dell'inchiostro**, è pericolosa su castagno, ma anche noce e ontani manifestano una certa suscettibilità. Il mal dell'inchiostro è stato il primo flagello per i Castagneti europei e italiani nella seconda metà del 1800 e nella prima metà del 1900. È tipica dei Castagneti, su suoli caratterizzati da elevato contenuto idrico, soprattutto dove la coltura del castagno è stata abbandonata.

Tipologia di alterazione

La malattia consiste principalmente in una necrosi sottocorticale a carico dell'apparato radicale e della parte basale del fusto.

Riconoscimento della malattia in foresta ed elementi diagnostici

La malattia colpisce indifferentemente piante giovani e piante vecchie innestate e no, senza limiti di esposizione e giacitura del suolo. Il mal dell'inchiostro si manifesta dapprima con un improvviso illanguidimento della pianta, un **ingiallimento fogliare in piena stagione vegetativa** e il disseccamento di alcuni rametti apicali. Può verificarsi microfillia. La fruttificazione della pianta diminuisce o per una **minore fioritura** o per l'arresto della differenziazione dei frutti. La **defogliazione risulta anticipata** e un certo numero di frutti rinsecchiti rimangono attaccati ai rami e non cadono neppure in inverno. In alcuni giovani polloni non si ha neppure la fogliazione, o si assiste al precoce e improvviso disseccamento della fronda poco dopo la sua differenziazione. Questi sintomi possono interessare o tutta la pianta nel suo complesso o solo una parte di essa nel lato in corrispondenza del punto di infezione del patogeno. La situazione si aggrava progressivamente fino a determinare il disseccamento dei rami di 4-5 anni e un'accentuazione dell'ingiallimento della chioma. Spesso l'intera pianta deperisce e dissecca. In alcuni casi si assiste a una forma apoplettica in cui la

pianta muore in poche settimane. Il sintomo più caratteristico della malattia è rappresentato da un'**alterazione dei tessuti cambiali e dei primi strati di legno sottostanti** la zona in cui si è verificata l'infezione. In alcuni casi tale alterazione si rende manifesta per la fuoriuscita di una sostanza liquida di colorazione nera (o bruna), simile a inchiostro dovuta all'ossidazione delle sostanze tanniche a opera degli enzimi secreti dal patogeno. Scortecciando la base del tronco o le grosse radici è possibile osservare **necrosi a forma di fiamma** che si possono sviluppare fino a un metro di altezza (Figura 6.13). Le zone annerite emanano un forte odore di sostanze tanniche fermentate. Spesso la malattia si propaga a macchia d'olio e dalle parti alte del pendio verso il basso, seguendo preferenzialmente gli impluvi.

Fattori predisponenti

La presenza di acqua libera nel terreno è il principale fattore predisponente le infezioni di *P. cambivora* e *P. cinnamomi*. Il patogeno, infatti, si propaga per mezzo dell'acqua a opera di spore flagellate e la sua diffusione è favorita dal ruscellamento che si verifica sulla superficie dei Castagneti soprattutto dopo le piogge. Anche le strade poderali sterrate, dove l'acqua può scorrere, costituiscono vie di diffusione della malattia.

Effetti ecologici del disturbo

Come l'agente del cancro del castagno, anche le *Phytophthorae* possono determinare danni piuttosto ingenti. In passato interi Castagneti sono andati completamente distrutti ponendo a rischio di dissesto idrogeologico i versanti interessati.

Indirizzi di difesa

La difesa è complessa ed è sempre consigliabile un **approccio integrato**, con interventi preventivi ed eradicanti, volti a evi-



Figura 6.13 Necrosi dei tessuti sottocorticali per azione di *P. cambivora* e *P. cinnamomi*.

tare l'innesco di nuovi focolai, a risanare o ridurre il potenziale di inoculo nei popolamenti colpiti, a migliorare la vitalità delle piante e del loro apparato radicale.

A **livello preventivo** è opportuno:

- attuare efficaci **drenaggi e canalizzazioni** delle acque superficiali nei cedui, allo scopo di limitare lo scorrimento di acque provenienti da aree infette;
- curare la manutenzione dei ruscelli;
- mantenere i popolamenti in **buone condizioni colturali** allo scopo di conferire **vigore** alle piante rendendo migliore la loro reattività alle infezioni;
- evitare lavorazioni profonde che provocano lesioni alle radici.

A **livello estintivo** invece è opportuno:

- **abbattere** al più presto gli individui morti o infetti, asportando, se possibile, le ceppaie e le grosse radici e avendo cura di non diffondere terreno e materiale infetto;
- **bruciare** i residui legnosi o esporli al sole per disidratarli;
- in aree particolarmente colpite converrebbe **attendere** qualche anno prima di reimpiantare il castagno o altre specie suscettibili (es. ontani).

Molte delle pratiche sopra elencate sono purtroppo di difficile attuazione nelle foreste di protezione.

6.9 Lachnellula willkommii

Distribuzione e specie ospiti

L'ospite principale è *Larix decidua*, qualsiasi siano le sue provenienze. Il larice europeo posizionato al di fuori del suo areale naturale è molto suscettibile, in particolare le sue provenienze di montagna introdotte nei fondovalle.

Tipologia di alterazione

È l'agente della più grave malattia del larice. Il fungo dopo l'insediamento determina un cancro pressoché perenne e può provocare la morte dell'albero quando riesce ad anellare il fusto principale; ciò avviene esclusivamente su piante molto giovani.

Riconoscimento della malattia in foresta ed elementi diagnostici

I sintomi si possono riscontrare su organi legnosi di tutte le età. Le prime manifestazioni si osservano per lo più alla **base del ramo**, dove il fungo trova la sua sede privilegiata per le infezioni, sotto forma di una **zona depressa** più o meno ellittica a livello della quale si verifica **colatura di resina**. La corteccia necrosata tende a separarsi dai tessuti sani.

Ogni anno si osserva una cicatrizzazione parziale alternata a una nuova invasione da parte del patogeno (Figura 6.14). In queste condizioni nel volgere di più anni si osservano sui tronchi vaste aree appiattite a margini regolari dove gli essudati resinosi si mescolano ai tessuti morti. Le branche più piccole e i fusti delle piante più giovani possono morire. In prossimità dei

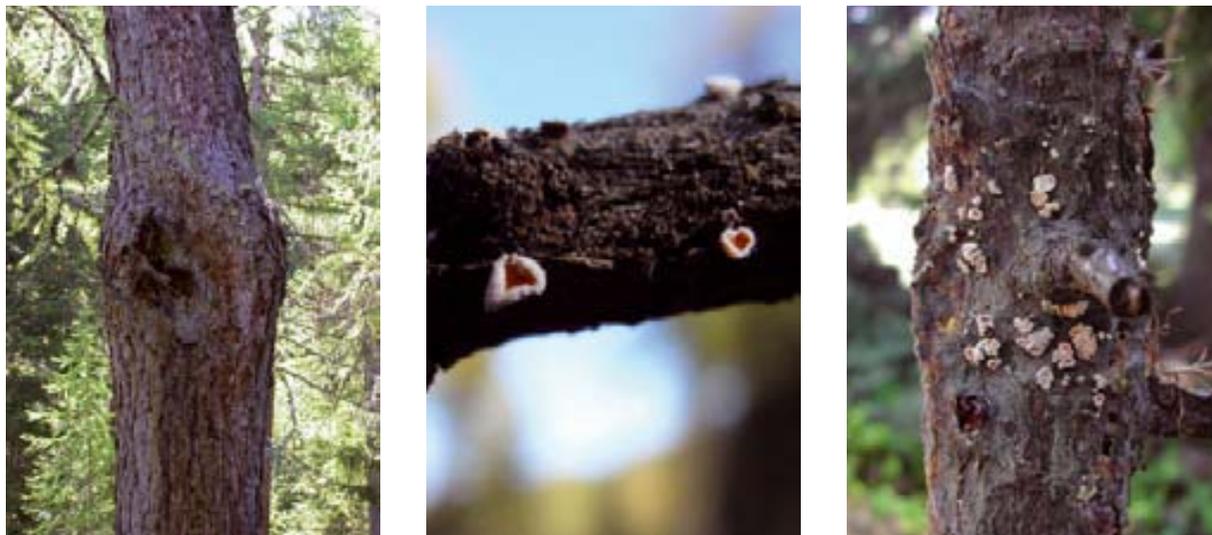


Figura 6.14 A sinistra fusto di larice con evidente cancro; al centro e a destra corpi fruttiferi di *L. willkommii*.

cancri si sviluppano le **fruttificazioni** caratterizzate da apoteci di 2,5 mm di diametro, portati da un breve gambo, biancastri e pelosi, con la superficie fertile (imеноforo) color giallo arancione (Figura 6.14).

Fattori predisponenti

Le formazioni cancerose sono favorite da temperature atmosferiche vicine al punto di congelamento dei tessuti. Le condizioni più favorevoli alla formazione dei cancri sono le alternanze di gelo e disgelo durante l'inverno.

Inoltre sembra che uno dei prerequisiti per l'insorgere della malattia sia la presenza di aria umida e stagnante, soprattutto in autunno. Anche il pascolamento sembra favorire l'insorgenza della malattia.

Effetti ecologici del disturbo

I danni indotti da *L. willkommii* possono essere molto ingenti. Nei giovani popolamenti le piante possono essere uccise, mentre la qualità tecnologica dei fusti di piante adulte può essere irrimediabilmente compromessa. I cancri costituiscono anche dei punti di debolezza, che rendono la pianta più suscettibile a stroncature.

Indirizzi di difesa

Quando il larice si trova in popolamenti densi e in ambienti caratterizzati dall'alternanza di gelo e disgelo si può intervenire con opportuni **diradamenti** che permettano di ridurre l'umidità dell'aria all'interno del popolamento. In linea di massima occorre evitare l'introduzione di larici di altitudine nei fondovalle e soprattutto nelle zone dove sono probabili gelate tardive o precoci.

6.10 Incidenza delle malattie

L'incidenza media dei 7 patogeni fungini di più rilevante interesse nelle foreste di protezione può essere così sintetizzata:

<i>H. annosum s.l.</i>	L'incidenza della malattia è molto variabile da zona a zona e in relazione alla specie ospite: abete rosso 17-77%, abete bianco 13-21%, larice 0-50% e pino silvestre 0-14%. Su abete rosso l'incidenza della malattia può raggiungere localmente fino al 95%
<i>A. mellea s.l.</i>	Da 0% fino al 35-40%
<i>F. pinicola</i>	Da 0% fino al 30-50% in siti deperienti
<i>S. sanguinolentum</i>	Da 0% fino al 25-30%
<i>C. parasitica</i>	La malattia è presente nella maggior parte dei Castagneti piemontesi e valdostani con un'incidenza molto variabile da zona a zona: dal 2-3% al 90%
<i>P. cambivora</i> <i>P. cinnamomi</i>	Da 0% fino al 50%
<i>L. willkommii</i>	Da 0% fino al 90%

Cambiamenti climatici e stabilità

Il quarto rapporto dell'*Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) pubblicato nel 2007 stima che la temperatura della superficie terrestre sia aumentata di $0,74 \pm 0,18^{\circ}\text{C}$ durante il XX secolo. La parte più rilevante di questo riscaldamento si è osservata nella seconda metà del secolo ed è stata la conseguenza dell'incremento di concentrazione in atmosfera di gas serra (in larga parte CO_2), correlato con l'attività antropica. Le previsioni più attendibili indicano per il XXI secolo un ulteriore aumento della temperatura (da $1,1$ a $6,4^{\circ}\text{C}$ a seconda del modello climatico utilizzato e dell'entità delle emissioni) (Figura 7.1). Accanto alle variazioni di temperatura sono previste anche rilevanti variazioni del regime di precipitazioni, che in Europa meridionale tenderanno a ridursi in estate. Gli studi degli effetti di questi cambiamenti sulle foreste si sono in un primo tempo focalizzati sulle esigenze ecologiche specie-specifiche. Dai risultati ottenuti è ipotizzabile, sul medio-lungo periodo, uno **spostamento verso Nord e in altitudine** della distribuzione delle specie forestali, con rischio di estinzione per le specie che attualmente vivono ai limiti dei loro areali o in condizioni estreme di precipitazioni e temperature. Recenti studi hanno suggerito che, ipotizzando un riscaldamento medio di $3,5^{\circ}\text{C}$ nei prossimi 100 anni, per alcune specie sarebbero necessari spostamenti fino a 500 km verso Nord (o 700 m verso l'alto) per mantenere il loro equilibrio con la componente ambientale; è tuttavia altamente improbabile che tali spostamenti possano verificarsi. La rinnovazione è la componente dove questa tendenza si manifesta in maniera più immediata. In effetti, è già in atto una colonizzazione verso l'alto delle specie forestali più rappresentative dell'arco alpino (larice, pino cembro e abete rosso). La risalita in quota del limite del bosco, che risponde anche ai cambiamenti dell'uso del suolo (abbandono dei pascoli alpini), potrebbe avere conseguenze positive nei confronti della funzione di protezione diretta, mitigando gli episodi di distacco di

valanghe, rotolamento massi ed erosione.

Nel breve-medio termine, invece, le conseguenze di questi effetti saranno probabilmente limitate per tre principali ragioni:

- i **cambiamenti di uso del suolo** (es. abbandono della gestione forestale intensiva) sono più rapidi delle variazioni climatiche a scala continentale e continueranno a essere i principali fattori determinanti la composizione e la struttura delle foreste alpine anche nell'immediato futuro;
- le **dinamiche forestali** sono relativamente lente, le specie forestali sono longeve, i processi di successione durano decine di anni nelle stazioni più fertili e anche secoli nei settori altitudinali più elevati. I popolamenti forestali hanno quindi una loro inerzia che li rende poco reattivi nei confronti dei cambiamenti gradualmente;
- le specie forestali hanno una capacità di adattamento* ai cambiamenti ambientali. Questa plasticità si esprime sia nel singolo individuo che attraverso processi, più a lungo termine, di selezione di ecotipi tolleranti nei confronti delle nuove caratteristiche climatiche.

Le conseguenze del cambiamento climatico che potrebbero essere rilevanti già a partire dai prossimi anni riguardano invece l'interazione tra le variazioni globali, regionali e locali delle temperature e dei regimi di precipitazione e la frequenza, l'estensione e l'intensità dei disturbi naturali. I modelli climatici inducono a ipotizzare che già nei prossimi anni nelle Alpi si potranno verificare con maggiore frequenza **condizioni meteorologiche estreme** o **singoli eventi di elevata intensità**. In particolare, il regime di disturbo complessivo potrebbe risultare modificato rispetto all'attuale per i seguenti motivi:

- aumento della frequenza, dell'intensità e della superficie percorsa dagli incendi forestali, sia dal punto di vista geografico che altitudinale;
- aumento della frequenza e dell'intensità delle tempeste e

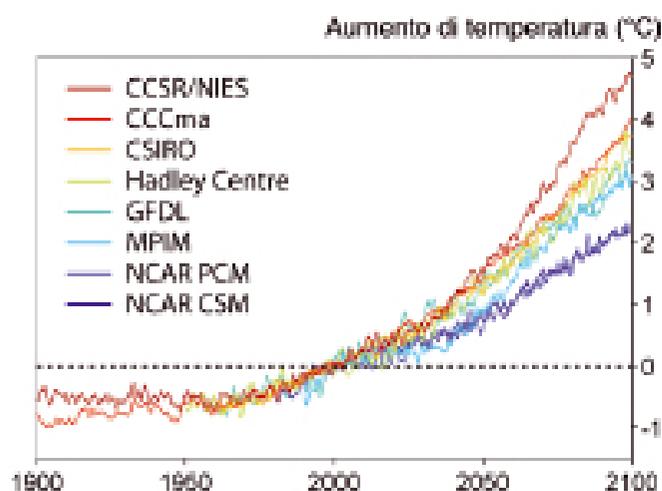


Figura 7.1 Previsione della temperatura media annua secondo 8 modelli climatici e senza riduzione delle emissioni (scenario SRES A2).

trombe d'aria, che sono la principale causa di schianti da vento in foresta. Di conseguenza potrebbe essere favorito il verificarsi di pullulazioni di insetti. La maggiore estensione di aree disturbate comporta inoltre un aumento dei fenomeni erosivi e del ruscellamento;

- l'aumento di temperatura nel periodo invernale sulle Alpi, di circa 1-2°C negli ultimi 100 anni, può determinare, oltre che l'eventuale aumento della quota del limite delle nevicate, un incremento di densità della neve fresca e frequenti eventi di

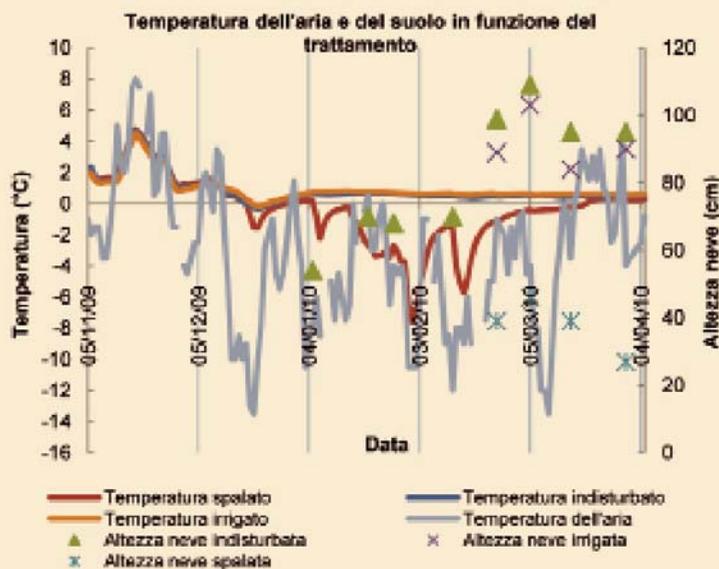
Box 7.1

Effetti dei cambiamenti climatici in un ecosistema forestale alpino: caso di studio di Claviere (Torino)*



Nel corso dell'autunno 2009 è stata avviata una ricerca per la valutazione degli effetti di una differente distribuzione delle precipitazioni nevose sulla dinamica dei nutrienti del suolo. L'area di studio è stata localizzata in un Larici-cembreto di protezione nel Comune di Claviere (Torino), a una quota di 2.000 m s.l.m. Lo studio ha simulato inverni caratterizzati da nevicate tardive e da eventi piovosi, attraverso specifiche operazioni di manipolazione del manto nevoso: a) rimozione della neve attraverso spalatura; b) inumidimento del manto attraverso irrorazione d'acqua. L'as-

senza di neve, rimossa manualmente durante la prima parte della stagione invernale, ha alterato il regime termico del suolo, determinandone un prolungato congelamento (più di 3 mesi). Nelle aree indisturbate il suolo non ha invece subito processi di congelamento, con una temperatura che si è mantenuta prossima agli 0°C, indipendentemente dalla temperatura dell'aria. L'effetto delle nevicate tardive è risultato evidente sull'incremento di ammonio e nitrati nel suolo, mentre sembra non aver influenzato la vitalità dei microrganismi. In particolare la concentrazione elevata di nitrati nel suolo durante la fusione primaverile suggerirebbe anche una compromissione dell'assorbimento da parte degli apparati radicali, potenzialmente danneggiati dai cicli gelo-disgelo osservati nel suolo a ridotto innevamento. L'incremento della densità del manto nevoso, causato dalla simulazione di pioggia sul manto nevoso, non ha invece provocato significative influenze sulle proprietà del suolo.



* Coordinamento scientifico attività di ricerca: Michele Freppaz, Davide Viglietti, Enrico Bruno e Gianluca Filip-pa (Di.Va.P.R.A., Università degli Studi di Torino).

pioggia su neve con un conseguente aumento del rischio di schianti. Inoltre, il suolo privo di neve per un periodo maggiore nel corso dell'inverno o ricoperto da un manto nevoso ridotto potrebbe subire un numero maggiore di cicli gelo/di-sgelo, con possibili conseguenze negative sulla dinamica dei nutrienti (Box 7.1). Una maggiore umidificazione del manto nevoso potrebbe favorire l'innescò di valanghe di neve bagnata anche su pendenze ridotte (25°). Inoltre, la maggiore probabilità di eventi di precipitazione estremi potrebbe aumentare la frequenza e l'estensione delle valanghe;

- l'aumento di temperatura può accelerare la diffusione e lo sviluppo di alcune specie autoctone di insetti fitofagi e favorire l'insediamento di nuove specie (anche invasive), con il conseguente aumento di frequenza e intensità delle pullulazioni;
- l'aumento delle temperature e la riduzione delle precipitazioni potranno influenzare, come già dimostrato in alcuni casi (es. *Armillaria* spp. e *Phytophthora* spp.), le interazioni dinamiche ospite-patogeno, favorendo eventi epidemici e fenomeni di deperimento.

Negli ultimi anni si sono già verificati eventi o periodi climatici estremi, che potrebbero essere in parte legati a un normale succedersi di eventi calamitosi con tempo di ritorno molto lungo e verificatisi casualmente in un periodo ristretto, ma che potrebbero anche rappresentare i primi effetti del cambiamento climatico:

- le tempeste Vivian (1991), Lothar (1998) e Kyrill (2007) che hanno provocato lo sradicamento di milioni di alberi nell'Europa centrale (Figura 7.2);
- il deperimento del pino silvestre osservato in Europa meridionale;
- l'estate calda e secca del 2003, che, secondo alcuni modelli climatici, rappresenta un esempio di quanto sarà la norma tra alcuni decenni;



Figura 7.2 Effetti della tempesta Kyrill (gennaio 2007) su una monocoltura di abete rosso dell'Europa centrale (Cesky Krumlov, Repubblica Ceca), 4 anni dopo lo schianto.

- l'estate siccitosa del 2008 e gli incendi che hanno colpito l'Europa Sud-orientale.

A oggi non è possibile prevedere con certezza e a scala locale le modalità, la tempistica e l'intensità dei fenomeni legati al cambiamento climatico. La gestione atta a **conservare e migliorare la stabilità delle foreste di protezione** dovrà tenere conto dei cambiamenti in atto, in osservanza al **principio di precauzione**, e avere un'elasticità di applicazione sufficiente a mitigare gli impatti negativi (prevenendoli quando possibile) e promuovere l'adattamento delle coperture forestali e degli obiettivi di gestione (Box 7.2).

Box 7.2

Strategie selvicolturali per la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici

Valutazione della vulnerabilità: è la fase preliminare, da svolgere a scala regionale, di bacino o di comprensorio, per individuare le criticità che i cambiamenti climatici possono determinare nei confronti delle foreste di protezione, sia in modo diretto sia per effetto dell'interazione con i disturbi naturali. L'analisi può essere eseguita tramite valutazione esperta o partecipata, ad esempio in forma tabellare, elencando i possibili effetti del cambiamento climatico sull'evoluzione delle foreste, anche in presenza di diversi scenari. Per ciascun effetto si individua quindi una strategia di mitigazione o adattamento, assegnando infine le priorità di intervento in funzione degli obiettivi selvicolturali. Sono inoltre in fase di sviluppo modelli di simulazione in grado di prevedere le conseguenze del cambiamento climatico, dei disturbi naturali e degli interventi selvicolturali sulla dinamica forestale a scala di bacino o regione.

Conservazione delle risorse genetiche: la selezione e l'utilizzo di materiale di propagazione ottenuto da specie la cui provenienza si caratterizza per una miglior adattabilità ai nuovi cambiamenti climatici assumerà maggiore importanza nell'immediato futuro. La conservazione *in situ* ed *ex situ* di queste provenienze è un obiettivo da integrare nella pianificazione forestale a medio termine, al fine di garantire la disponibilità di materiale utile per il ripristino di aree interessate da disturbi distruttivi o per l'impianto di specie meglio adattate alle nuove condizioni in boschi deperienti e al limite dell'areale (migrazione assistita). Inoltre, la conservazione di specie rare o vulnerabili è da perseguire, sebbene nelle foreste di protezione possa rappresentare una limitazione importante e richiedere la conciliazione di obiettivi in parte contrastanti.

Selvicoltura: le forme di governo e trattamento attualmente applicate nella gestione possono essere adattate per conferire ai popolamenti maggiore resistenza e resilienza ai cambiamenti climatici. Le **mescolanze** garantiscono in genere migliore resilienza rispetto alle foreste monospecifiche, soprattutto quando è possibile favorire specie resistenti o resilienti ai disturbi naturali. Grande attenzione meritano i **diradamenti**, caratterizzati da molteplici effetti positivi: moderano la competizione per le risorse idriche, riducono la quantità di combustibile, mitigano lo stress degli alberi selezionati diminuendo la sensibilità ad attacchi di insetti o patogeni di debolezza. In boschi coetanei, **abbreviare il turno** può ridurre la probabilità di disturbi catastrofici a carico del soprassuolo maturo. La fase di insediamento e sviluppo della **rinnovazione** è estremamente delicata; le specie più vulnerabili devono essere tutelate dagli agenti di disturbo, tra i quali è da includere il brucamento da parte dei selvatici che richiederebbe, in molti casi, un controllo più efficace. Tutti i tagli che comportano una drastica alterazione del microclima (es. grandi buche) devono essere applicati con attenzione.

Gestione dei disturbi: la prevenzione delle conseguenze negative indotte dai disturbi naturali deve adeguarsi alla maggiore frequenza e intensità prevista per tali eventi. Il pericolo di incendio deve essere mitigato da opere di prevenzione e dalla riduzione sistematica dei combustibili, in particolar modo in prossimità delle foreste di protezione diretta più importanti o vulnerabili. Il fuoco prescritto può essere incentivato come strumento di riduzione del combustibile nell'ambito di interventi su ampi territori, previa la necessaria formazione del personale preposto (Vedi Box 2.3).

Pianificazione: la manutenzione e il potenziamento della rete viaria è utile a contrastare le possibili perdite economiche correlate a eventi climatici estremi o ai disturbi catastrofici. Per le specie che subiranno una contrazione di areale o una riduzione negli accrescimenti in risposta al cambiamento climatico, è possibile compensare le eventuali perdite attribuendo un valore economico alle funzioni non produttive del bosco, come la protezione diretta o lo stoccaggio di carbonio, in base al costo delle opere di mitigazione o di ripristino evitate. In generale, la valutazione della vulnerabilità e la definizione delle priorità di intervento deve essere effettuata a scala di paesaggio, bilanciando sul territorio i diversi obiettivi selvicolturali e ponendo attenzione alla frammentazione del paesaggio forestale, che deve essere tale da contrastare la diffusione dei disturbi, ma non la disseminazione e la migrazione naturale delle specie.

8

Interazioni tra disturbi



I disturbi naturali non sono eventi isolati. La comunità vegetale su cui agiscono è il risultato dell'azione combinata di clima, topografia, uso del suolo e disturbi precedenti. A sua volta, ogni disturbo modifica la comunità esistente, condizionando le sue capacità di resistenza e resilienza a eventuali nuove perturbazioni. L'effetto di un disturbo sulla suscettibilità ad altri eventi può durare decenni o anche secoli e avere le caratteristiche di **interazione positiva** (se aumenta la probabilità che si verifichi un altro disturbo) o **negativa** (se il primo disturbo diminuisce la suscettibilità del popolamento al verificarsi di un secondo disturbo) aumentandone la resistenza o la resilienza. Nella Figura 8.1 è rappresentato schematicamente il diagramma delle principali interazioni che intercorrono tra i disturbi naturali trattati in questo manuale. Una sintetica descrizione delle diverse interazioni è riportata nei paragrafi che seguono, secondo l'ordine temporale in cui si verificano (es. incendio → successivo aumento della probabilità di uno schianto da vento). Tra i fattori di disturbo di natura abiotica è stata presa in considerazione anche la caduta massi, già trattata in qualità di pericolo naturale nel manuale sulla Selvicoltura nelle foreste di protezione (2006), in quanto le ferite sui fusti e sulle radici delle piante dovute a tale fattore rappresentano una non trascurabile via di penetrazione per diversi agenti di carie del legno e di marciume radicale (patogeni da ferita).

Ogni intervento orientato a prevenire e mitigare gli effetti negativi dei disturbi naturali deve tenere conto della suscettibilità della foresta disturbata alle perturbazioni future.

8.1 Fuoco

- L'incendio consuma il combustibile e riduce la probabilità che si verifichi un altro incendio nell'area in tempi brevi (ripercordanza*). Al contrario, l'assenza o la soppressione del fuoco per un tempo sufficientemente lungo favorisce l'accumulo di

combustibili, che può associarsi a incendi più vasti e intensi in presenza di clima sfavorevole e della fonte di innesco.

- Incendi distruttivi abbinati all'esbosco della necromassa favoriscono condizioni idonee al distacco di valanghe, erosione superficiale e distacco e transito di massi (in zone soggette a questo pericolo), almeno fino alla ricostituzione di un nuovo popolamento protettivo per via naturale o artificiale. Inoltre, in aree percorse dal fuoco i corridoi di valanga tendono a espandersi più facilmente.
- I giovani popolamenti post-incendio sono meno soggetti a schianti da vento. Al contrario, gli alberi sopravvissuti a un incendio di chioma, se isolati in seguito alla morte o all'abbattimento di quelli danneggiati, oppure localizzati a margine dell'area percorsa, sono più soggetti a schianto o ribaltamento.
- Gli alberi danneggiati in popolamenti parzialmente percorsi dal fuoco e la necromassa residua possono aumentare la probabilità di attacco di insetti corticicoli (es. Scolitidi) nel breve periodo. Tuttavia, i boschi giovani che si insediano dopo un incendio distruttivo sono più resistenti.

8.2 Vento

- Il vento è un fattore rilevante nella formazione delle valanghe. Esso sposta ingenti quantità di neve, asportandola dai pendii esposti (sopravento) e depositandola su quelli riparati (sottovento), creando accumuli di strati compatti ma instabili. Accumuli di neve ventata sui versanti e in modo particolare in foresta determinano microstazioni sfavorevoli allo sviluppo della rinnovazione.
- L'azione del vento, soprattutto se caldo e secco, è determinante per il raggiungimento di idonee condizioni d'innesco (umidità del combustibile e dell'aria) e per la successiva propagazione degli incendi boschivi. La maggior quantità di necromassa al suolo derivante da schianti di dimensioni anche ridotte, soprattutto nella sua componente fine, aumenta il carico di combustibile negli anni immediatamente seguenti il danno da vento. Al tempo stesso, il verificarsi di schianti parziali (da vento o neve) potrebbe aumentare la penetrabilità del bosco e ridurre la possibilità di diffusione di incendio di chioma attivo, mentre schianti distruttivi possono creare discontinuità nel paesaggio utili a rallentare la diffusione degli incendi di chioma.
- In foreste danneggiate dal vento i danni secondari prodotti dagli insetti sono talvolta inevitabili. Nella maggior parte dei casi, gli insetti corticicoli (es. Scolitidi) trovano nell'elevato accumulo di biomassa al suolo le condizioni ideali per la loro proliferazione, in particolare nelle zone a forte presenza di abete rosso. In questi casi diventa determinante la gestione del legno morto dopo l'evento, ossia le modalità e le tempistiche di esbosco o di allestimento (Vedi Paragrafo 3.7.4).

8.3 Neve e valanghe

- A seguito del passaggio di una valanga, la maggior parte della necromassa viene concentrata nella zona di accumulo e può diventare una potenziale fonte di combustibile per gli incendi boschivi.
- In conseguenza del passaggio di una valanga possono crearsi radure di dimensioni tali da provocare brusche variazioni di velocità del vento, con un aumento della probabilità di schianti. Le aree aperte possono favorire l'accumulo di neve instabile, creando le condizioni predisponenti per successivi distacchi.
- In occasione di neviccate pesanti accompagnate da vento, aumenta l'intercettazione della neve da parte delle chiome e di conseguenza può aumentare la probabilità di schianti da sovraccarico.

8.4 Insetti

- Si ritiene spesso che la presenza di legno morto in seguito all'attacco di insetti corticicoli (es. Scolitidi) aumenti la suscettibilità del bosco agli incendi. Tuttavia, recenti ricerche in America settentrionale hanno dimostrato che un'infestazione da Scolitidi rende il bosco meno suscettibile ai danni da incendio, perché migliora la struttura e riduce le possibilità di passaggio in chioma.
- Ripetuti attacchi da parte di insetti, sia corticicoli che defogliatori, potrebbero portare a un indebolimento del singolo individuo compromettendone la resistenza nei confronti dei movimenti lenti del manto nevoso, di altri insetti e di funghi patogeni. In quest'ultimo caso, ad esempio, attacchi da insetti, soprattutto defogliatori, predispongono le piante alle infezioni di *A. mellea s.l.*; allo stesso tempo, attacchi di *A. mellea s.l.* possono a loro volta predisporre le piante ad attacchi da parte di insetti corticicoli.

8.5 Funghi fitopatogeni

- I patogeni fungini agenti di marciume radicale e carie del legno possono predisporre il popolamento forestale a danni da vento. I primi, indebolendo l'apparato radicale, rendono le piante più vulnerabili allo sradicamento; gli agenti di carie, indebolendo principalmente le strutture lignee del fusto, sono invece fattori predisponenti lo schianto.
- I marciumi radicali (es. da *A. mellea s.l.*) possono predisporre agli attacchi di insetti corticicoli.
- I marciumi radicali, provocando la morte delle piante, possono favorire gli incendi per via dell'aumento della necromassa presente in bosco.

Glossario

- Adattamento:** processo di adeguamento spontaneo o assistito agli effetti di un disturbo o dei cambiamenti climatici.
- Altezza di fiamma:** l'altezza verticale delle fiamme in corrispondenza del fronte di fiamma. È associata alla severità dell'incendio, alla probabilità di passaggio in chioma e alle possibilità di estinzione.
- Area di base (pianificazione antincendi):** raggruppamento statistico di comuni con caratteristiche di pericolosità simili.
- Area di insidenza:** porzione di territorio direttamente interessata dal pericolo o dal disturbo naturale (es. estensione di un canale di valanga comprensiva delle zone di distacco, transito e accumulo).
- Banca semi:** insieme dei semi vitali immagazzinati nel suolo (o nelle chiome di specie serotine) e germinabili dopo un disturbo.
- Carico di combustibile:** la quantità o il peso secco di combustibile per unità di superficie (misurato in t/ha).
- Carie bianca:** alterazione del legno operata da funghi che consiste nella degradazione della costituente in lignina. La porzione degradata assume una consistenza fibrosa e una colorazione biancastra.
- Carie bruna:** alterazione del legno operata da funghi che consiste nella degradazione della costituente in cellulosa. La porzione degradata assume una consistenza friabile sfaldandosi a cubetti e una colorazione brunastra.
- Comportamento del fuoco:** è il prodotto dell'ambiente in cui si sviluppa il fronte di fiamma. È definito da una serie di parametri, alcuni dei quali correlati tra loro. Quelli più comunemente utilizzati sono l'intensità lineare, la velocità di propagazione del fronte di fiamma, la quantità di calore emanato per unità di superficie e la lunghezza di fiamma.
- Deviazione standard:** indice statistico che esprime la variabilità del dato.
- Fire Weather Index:** indice di previsione del pericolo di incendio nelle 24-72 ore, basato su dati meteorologici e convertito successivamente in classi di pericolo, il cui numero e ampiezza vengono determinati in funzione delle caratteristiche del territorio (es. 5 in Piemonte, 7 in Valle d'Aosta).
- Fitofago:** organismo che si nutre di tessuti vegetali.
- Fronte di fiamma:** limite frontale delle fiamme vive prodotte dall'incendio o area di attestamento dell'incendio avanzante (in continuo movimento).
- Gradazione o outbreak:** pullulazione periodica.
- Incidenza della malattia:** corrisponde alla percentuale di piante con sintomi (n. di piante con sintomi/n. di piante esaminate x 100).
- Inibitori della muta:** prodotti di sintesi (derivati dell'urea) che bloccano la produzione della chitina negli stadi preimmaginali, impedendo la muta (cambiamento dell'esoscheletro chitinoso) che avviene tra i vari stadi di sviluppo.
- Interfaccia urbano-rurale:** zona di contatto tra vegetazione naturale e infrastrutture.
- Isole verdi:** parti di popolamento non danneggiate all'interno di un'area percorsa da un disturbo distruttivo.
- Latenza:** stato in cui si trova un parassita in assenza di evidenti sintomi della sua presenza.
- Mitigazione:** processo di prevenzione o contrasto degli effetti negativi di un disturbo o dei cambiamenti climatici.
- Necromassa:** legno morto in piedi o a terra.
- Pirofite:** specie dotate di adattamenti genetici, fisiologici o funzionali che le rendono adatte a riprodursi o svilupparsi in seguito al passaggio del fuoco. Possono essere passive (caratteri di resistenza), attive (resilienza o fecondità) o obbligate (es. quando la germinazione richiede il fuoco o alte temperature).
- Prerinnovazione:** rinnovazione di specie forestali affermatasi prima del taglio di utilizzazione o del verificarsi di un disturbo naturale.
- Progradazione:** stato transitorio tra quello di latenza a quello di gradazione.
- Proninfa:** seconda fase morfologica dello stadio di sviluppo di prepupa, intermedio tra quelli larvali e quello di pupa, tipico di alcuni insetti, tra cui gli Imenotteri Diprionidi.
- Pullulazione:** forte aumento della popolazione di un insetto nell'arco di poche generazioni.
- Retrogradazione:** stato successivo alla gradazione, durante il quale, per sopravvenute cause limitanti (patogeni, parassiti, predatori, esaurimento delle risorse, ecc.) la popolazione dell'insetto si riduce repentinamente.
- Ribaltamento:** cedimento dell'ancoraggio radicale che causa l'abbattimento del fusto e l'estrusione delle radici dal suolo, nonostante le fibre legnose rimangano integre. Causato dall'applicazione di una forza laterale superiore alla resistenza del sistema suolo-radice, in genere a opera del vento.
- Ripercorrenza:** estensione assoluta o relativa dell'area percorsa dal fuoco più di una volta in un determinato periodo di tempo.
- Ripresa di incendio:** ricomparsa di fiamma viva con ripresa della propagazione dell'incendio.
- Schianto:** rottura del fusto al di sopra del colletto, causata dall'applicazione di una forza laterale superiore alla resistenza delle fibre legnose, in genere a opera del vento, anche in combinazione con carico di neve o ghiaccio. In senso lato può significare un danno da vento/neve esteso a tutto il popolamento.
- Specie paleartica:** specie originaria o presente unicamente nell'ecozone o regione paleartica, che corrisponde alla parte del vecchio continente situata a Nord del Tropico del Cancro (tutta l'Europa, l'Africa mediterranea e l'Asia a Nord dell'Himalaya).
- Spotting (salto di faville):** distacco da erbe, arbusti e alberi oppure sollevamento dal suolo di materiale organico acceso che, volando nell'aria, si deposita a distanza più o meno elevata dall'incendio principale, accendendo nuovi focolai d'incendio, detti secondari. Questo fenomeno è in grado di innescare focolai secondari a distanza di centinaia di metri dall'incendio principale (es. 800 m negli incendi di Sarre del 1990 e Morgex del 1997 - Valle d'Aosta).
- Tempo di residenza:** tempo impiegato dalla fiamma viva a transitare su un punto specifico del popolamento.
- Xilofago:** in senso stretto insetto che si nutre di legno, generalmente di alburno, in senso lato insetto che si nutre di tutti i tessuti legnosi, ivi compresi quelli corticali e sottocorticali.

Letteratura citata

- CAMERANO P., GOTTERO F., TERZUOLO P.G., VARESE P. (2004) - **Tipi forestali del Piemonte. Regione Piemonte. Blu Edizioni, Torino.**
- CAMERANO P., TERZUOLO P.G., VARESE P. (2007) - **I tipi forestali della Valle d'Aosta. Compagnia delle Foreste, Arezzo.**
- CASALE A., SAMPÒ A. (1977) - **Gradazioni di *Acantholyda posticalis* Matsumura in Valle d'Aosta: ciclo biologico e prove di lotta (Hym.: Symphyta Pamphiliidae). Redia 60: 431-452.**
- CASALE A., CURRADO I. (1979) - **Gradazioni di *Diprion similis* (Hartig) su *Pinus strobus* nella pianura piemontese (Hym. Symphyta Diprionidae). Ann. Fac.Sc.Agr.Univ.Torino, XI: 69-82.**
- CECCONI G. (1924) - **Manuale di Entomologia Forestale. Tipografia del Seminario, Padova.**
- CESTI G. (1995) - **Parametri meteorologici e incendi boschivi in Valle d'Aosta. Nimbus, 9: 13-24.**
- CESTI G. (2011) - **Fattori orografici e meteorologici influenti sugli incendi boschivi. Musumeci Editore, Quart.**
- CESTI G., CONEDERA M. (2005) - **Gli incendi boschivi da fulmine nel 2003 in Valle d'Aosta e Ticino. Nimbus, 49-50: 54-55.**
- DOTTA A., MOTTA R. (2000) - **Boschi di conifere montani. Indirizzi selvicolturali. Regione Piemonte, Blu Edizioni, Peveragno.**
- FOCARILE A. (1983) - **Entomologia forestale in Valle d'Aosta. Regione Autonoma Valle d'Aosta - Assessorato Agricoltura e Foreste - Servizio Tutela dell'Ambiente Naturale e delle Foreste, Aosta.**
- GONTHIER P., MARAFANTE I., NICOLOTTI G., HAUDEMAND J.C., PASQUETTAZ E. (2007) - **Difesa delle foreste di conifere da *Heterobasidion*: primi risultati di una sperimentazione su ampia scala condotta in Valle d'Aosta. L'informatore Agricolo 23: 46-50.**
- GONTHIER P., NICOLOTTI G. (2007) - **Così simili così diversi. Chiave per il riconoscimento dei più comuni funghi agenti di carie. Acer 3: 47-50.**
- GONTHIER P. (2010) - **Controlling root and butt rot diseases in alpine European forests. In: Management of fungal plant pathogens. Eds. Arya A., Perello A.E., CAB International, Preston UK; pp. 345-361.**
- IPCC (2007) - **Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva.**
- NICOLOTTI G., GONTHIER P. (2005) - **Stump treatment against *Heterobasidion* with *Phlebiopsis gigantea* and some chemical in *Picea abies* stands in the western Alps. Forest Pathology 35: 365-374.**
- PICKETT S.T.A., WHITE P.S. (1985) - **The ecology of natural disturbance and patch dynamics. Academic Press, New York.**
- PIGNATTI S. (1982) - **La flora d'Italia. Edagricole, Bologna.**
- 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.**
- SCHWENKE W. (1982) - **Die Forstschädlinge Europas. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.**
- VASILIAUSKAS R. (2001) - **Damage to trees due to forestry operations and its pathological significance in temperate forests: a literature review. Forestry 74: 319-336.**
- WARGO P.M. (1995) - **Disturbance in forest ecosystems caused by pathogens and insects. In: Eskew L.G. (a cura di), Forest health through silviculture. Proceedings of the 1995 National Silviculture Workshop, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station: 20-25.**
- WERMELINGER B., EPPER C., SCHNEIDER MATHIS D. (2002) - **Warum tote Käferbäume stehen lassen? Wald und Holz. 56: 39-42.**

Fonti e autorizzazioni delle figure

FIGURA 1.5 - http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cistus_albidus_a.jpg, Licenza CC-BY-SA-3.0 (www.creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/), attraverso Wikimedia Commons.

FIGURA 2.5 SX - REGIONE PIEMONTE, (2011) - **Piano regionale di programmazione delle attività di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi, 2011-2014.** Regione Piemonte, Torino (in stampa). Autorizzazione concessa da Federico Pelfini (Regione Piemonte, Settore Politiche Forestali) in data 15.6.2011.

FIGURA 2.5 DS - REGIONE AUTONOMA VALLE D'AOSTA, (2005) - **Piano regionale di programmazione delle attività di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi, 2005-2010.** Regione Autonoma Valle d'Aosta, Aosta.

FIGURA 2.15 - KEELEY J.E., (1986) - **Resilience of mediterranean shrub communities to fire.** In: DELL B., HOPKINS A.J.M., LAMONT B.B. (a cura di) - *Resilience in Mediterranean-type ecosystems.* Junk, Dordrecht, pp 95-112.

FIGURE 2.10, 3.5, 3.7 - CESTI G., (2011) - **Fattori orografici e meteorologici influenti sugli incendi boschivi.** Musumeci, Quart.

FIGURA 3.3 - FRATIANNI S., CAGNAZZI B., CREMONINI R., (2007) - **Il vento in Piemonte.** ARPA Piemonte, Torino. Autorizzazione concessa da ARPA Piemonte in data 16.6.2011.

FIGURA 3.8 - STATHERS R.J., ROLLERSON T.P., MITCHELL S.J., (1994) - **Windthrow Handbook for British Columbia Forests.** BC Ministry of Forests, Victoria. Autorizzazione concessa.

FIGURE 3.10 e 3.11 - ZIELKE K., BANCROFT B., BYRNE K., MITCHELL S., (2010) - **BCTS Windthrow Manual: a compendium of information and tools for understanding, predicting and managing windthrow on the BC coast.** British Columbia Timber Sales, Victoria. Autorizzazione concessa in data 17 giugno 2011; file number: 7200002566.

FIGURA 3.12 - LOHMANDER P., HELLES F., (1987) - **Windthrow probability as a function of stand characteristics and shelter.** Scandinavian Journal of Forest Research 2: 227-238.

FIGURE 3.16, 3.18, 3.23, 3.24, 3.25 - UFAM (2008) - **Supporto decisionale in caso di danni alle foreste provocati da tempesta. Aiuto all'esecuzione relativo alla scelta della gestione dei danni nei singoli casi. Manuale relativo ai danni da tempesta 2008, parte 3.** Ufficio Federale dell'Ambiente (UFAM), Berna. Autorizzazione concessa in data 23 giugno 2011: Ueli.Tschannen@bafu.admin.ch

FIGURA 3.20 - MITCHELL S., (2000) - **Forest health: preliminary interpretations for wind damage.** BC Ministry of Forestry, Victoria.

FIGURA 3.21 - PELTOLA H., KELLOMÄKI S., VÄISÄNEN H., IKONEN V.P., (1999) - **HWIND: a mechanistic model for wind and snow damage of Scots pine, Norway spruce and birch.** Canadian Journal of Forest Research 29: 647-661.

FIGURA 7.1 - HOUGHTON J.T., DING Y., GRIGGS D.J., NOGUER M., VAN DER LINDEN P.J., DAI X., MASKELL K., JOHNSON C.A., (2001) - **Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** Cambridge University Press, Cambridge. www.globalwarmingart.com/wiki/File:Global_Warming_Predictions_png, Licenza Creative Commons, attraverso Global Warming Arts, copyright Robert A. Rohde.

Fonti delle tabelle

TABELLA 2.3 - CESTI G., CERISE A., (1992) - **Aspetti degli incendi boschivi.** Musumeci, Quart.

TABELLA 2.6 - RYAN K.C., (2002) - **Dynamic interactions between forest structure and fire behaviour in boreal ecosystems.** Silva Fennica 36: 13-39.

TABELLA 2.7 - MORETTI M., CONEDERA M., (2005) - **Ecologia degli incendi nella Svizzera sud-alpina: effetti su suolo, vegetazione e fauna.** Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 156: 338-344.

TABELLE 4.1, 4.3, 4.4 - McCLUNG D., SCHAEERER M., (1996) - **Manuale delle valanghe. Formazione. Dinamica ed effetti. Prevenzione e sicurezza. Soccorso.** Zanichelli, Bologna.

Finito di stampare nel mese di
Novembre 2011
da Litograf Editor S.r.l.
Città di Castello (Perugia)

Forma consigliata di citazione:

Regione Autonoma Valle d'Aosta - Regione Piemonte, 2011 - FORESTE DI PROTEZIONE DIRETTA
Disturbi naturali e stabilità nelle Alpi occidentali
Compagnia delle Foreste, Arezzo, pp. 144

