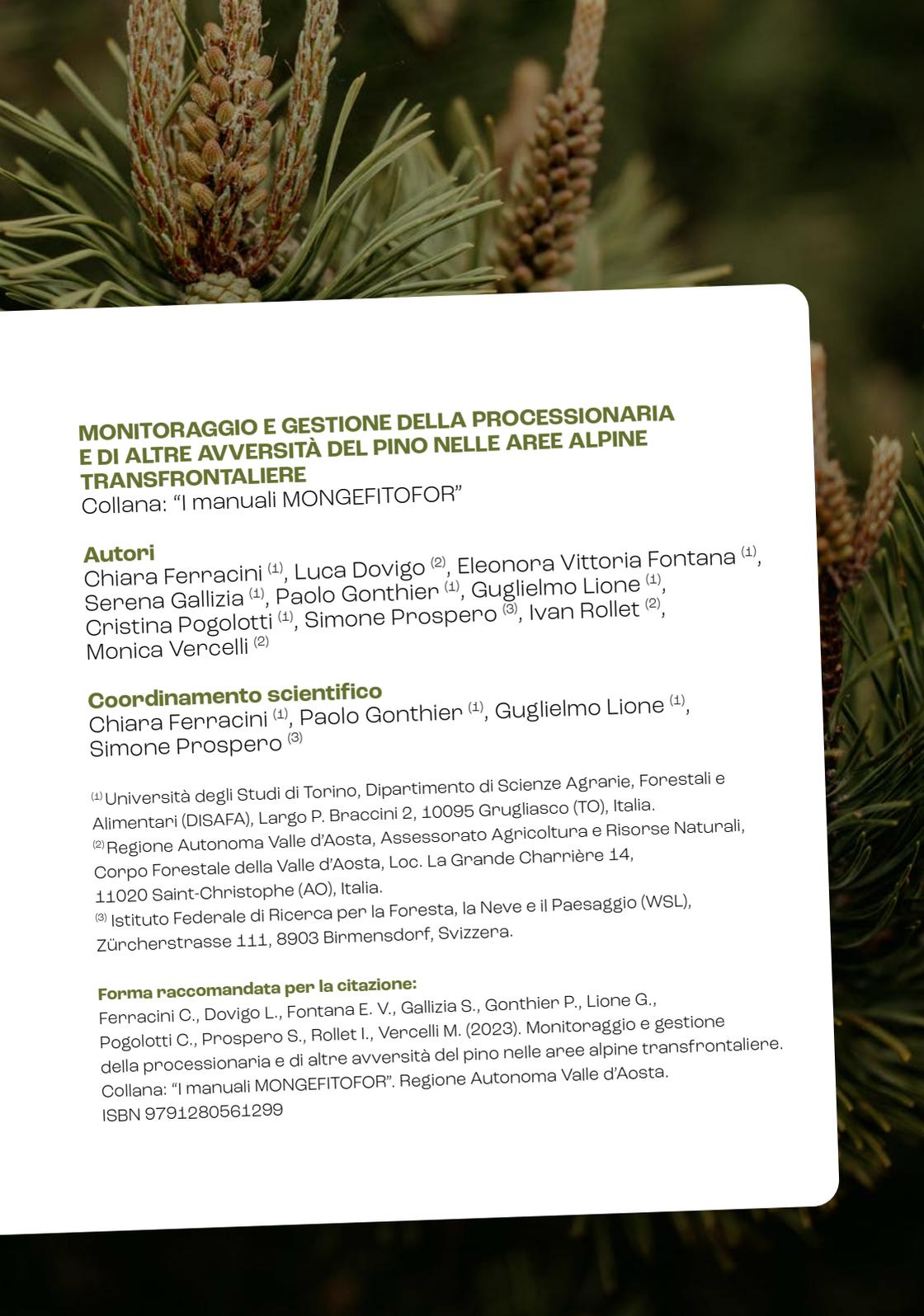




I MANUALI MONGEFITOFOR

**MONITORAGGIO
E GESTIONE DELLA
PROCESSIONARIA E DI
ALTRE AVVERSITÀ DEL
PINO
NELLE AREE ALPINE
TRANSFRONTALIERE**

CHIARA FERRACINI, LUCA DOVIGO, ELEONORA VITTORIA FONTANA,
SERENA GALLIZIA, PAOLO GONTHIER, GUGLIELMO LIONE, CRISTINA POGOLOTTI,
SIMONE PROSPERO, IVAN ROLLET E MONICA VERCELLI



MONITORAGGIO E GESTIONE DELLA PROCESSIONARIA E DI ALTRE AVVERSITÀ DEL PINO NELLE AREE ALPINE TRANSFRONTALIERE

Collana: "I manuali MONGEFITOFOR"

Autori

Chiara Ferracini ⁽¹⁾, Luca Dovigo ⁽²⁾, Eleonora Vittoria Fontana ⁽¹⁾,
Serena Gallizia ⁽¹⁾, Paolo Gonthier ⁽¹⁾, Guglielmo Lione ⁽¹⁾,
Cristina Pogolotti ⁽¹⁾, Simone Prospero ⁽³⁾, Ivan Rollet ⁽²⁾,
Monica Vercelli ⁽²⁾

Coordinamento scientifico

Chiara Ferracini ⁽¹⁾, Paolo Gonthier ⁽¹⁾, Guglielmo Lione ⁽¹⁾,
Simone Prospero ⁽³⁾

⁽¹⁾ Università degli Studi di Torino, Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e
Alimentari (DISAFA), Largo P. Braccini 2, 10095 Grugliasco (TO), Italia.

⁽²⁾ Regione Autonoma Valle d'Aosta, Assessorato Agricoltura e Risorse Naturali,
Corpo Forestale della Valle d'Aosta, Loc. La Grande Charrière 14,
11020 Saint-Christophe (AO), Italia.

⁽³⁾ Istituto Federale di Ricerca per la Foresta, la Neve e il Paesaggio (WSL),
Zürcherstrasse 111, 8903 Birmensdorf, Svizzera.

Forma raccomandata per la citazione:

Ferracini C., Dovigo L., Fontana E. V., Gallizia S., Gonthier P., Lione G.,
Pogolotti C., Prospero S., Rollet I., Vercelli M. (2023). Monitoraggio e gestione
della processionaria e di altre avversità del pino nelle aree alpine transfrontaliere.
Collana: "I manuali MONGEFITOFOR". Regione Autonoma Valle d'Aosta.
ISBN 9791280561299

INDICE

3	Prefazione
4	Il Progetto MONGEFITOFOR
5	Il pino silvestre: inquadramento generale della specie
9	Sinecologia e caratterizzazione delle formazioni forestali con pino silvestre
10	Funzioni e servizi ecosistemici erogati dal pino silvestre
13	Aspetti selvicolturali e gestionali
14	Corologia e bioetologia della processionaria del pino
21	Implicazioni fitosanitarie, sanitarie e veterinarie
23	Il monitoraggio della processionaria del pino
26	Applicazione di strategie di contenimento
30	Lotta microbiologica
31	Lotta biotecnica
33	Lotta meccanica
34	Lotta chimica
38	Inquadramento generale del deperimento del pino silvestre
42	Monitoraggio del deperimento del pino silvestre
45	Disseccamento dei getti di pino da <i>Sphaeropsis sapinea</i>
48	Ringraziamenti
50	Bibliografia essenziale



PREFAZIONE

Le foreste costituiscono un'importante componente del paesaggio della Regione Autonoma Valle d'Aosta e degli areali transfrontalieri italo-svizzeri, assolvendo numerose funzioni indispensabili per la conservazione, la salvaguardia e la protezione del territorio e delle comunità che lo abitano. Al fine di garantire nel tempo e nello spazio l'assolvimento di tali funzioni, occorre che lo stato di salute delle foreste sia costantemente monitorato e preservato. L'esigenza di mettere a fattor comune le esperienze, le conoscenze acquisite e le progettualità in relazione al monitoraggio e alla gestione delle principali avversità in campo forestale ha quindi indotto la Regione Autonoma Valle d'Aosta, i due Cantoni svizzeri dei Grigioni e del Ticino, il Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari (DISAFA) dell'Università degli Studi di Torino e l'Istituto Federale di Ricerca sulla Neve, le Foreste, il Paesaggio (WSL) di Birmensdorf - Zurigo a cooperare ad un ambizioso progetto denominato MONGEFITOFOR (Linee Guida per il MONitoraggio e la GEstione delle Emergenze FITOsanitarie nelle FOReste delle Alpi centro-occidentali), realizzato nell'ambito del

Programma di Cooperazione Territoriale INTERREG V-A Italia-Svizzera 2014/2020. Nell'ambito del progetto sono state affrontate diverse criticità fitosanitarie, tra cui la processionaria del pino e il deperimento del pino silvestre. Questo manuale presenta i risultati del monitoraggio fitosanitario volto ad indagare la diffusione e l'incidenza del fitofago e alcuni fattori potenzialmente associati al deperimento del pino silvestre al fine di proporre strategie operative per la sua gestione negli ambienti forestali degli areali alpini transfrontalieri. Il manuale nasce infatti grazie alle conoscenze maturate in ambito transfrontaliero, frutto della sinergia tra i partner di progetto che hanno condiviso esperienze, conoscenze e competenze durante lo svolgimento delle diverse attività. La presente pubblicazione costituisce uno strumento operativo per il settore forestale ma, allo stesso tempo, contribuisce a diffondere ai tecnici, agli amministratori, ai portatori di interesse e alla cittadinanza le conoscenze acquisite e le buone pratiche per salvaguardare lo stato di salute del pino silvestre e delle foreste in cui esso è presente.

*L'assessore all'Agricoltura
e Risorse naturali
Marco Carrel*

IL PROGETTO MONGEFITOFOR

MONGEFITOFOR (Linee Guida per il MONitoraggio e la GESTione delle Emergenze FITOsanitarie nelle FOReste delle Alpi centro-occidentali) è un progetto finanziato dall'Unione Europea tramite il Programma di Cooperazione Territoriale **INTERREG V-A Italia-Svizzera 2014/2020** al quale cooperano istituzioni locali ed enti di ricerca italiani e svizzeri per monitorare lo **stato di salute delle foreste** transfrontaliere e proporre strategie sostenibili per la loro gestione e salvaguardia, promuovendone così la **resilienza**. Il progetto ha come capofila la Struttura Corpo Forestale della Valle d'Aosta (IT) e come partner l'Università degli Studi di Torino - Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari (DISAFA) (IT), l'Istituto Federale di Ricerca per la Foresta, la Neve e il Paesaggio WSL (Birmensdorf) (CH), il Cantone Grigioni - Ufficio Foreste e Pericoli Naturali (CH) e il Cantone Ticino - Sezione Forestale (CH).

Il progetto nasce dalla considerazione che le foreste sono un elemento imprescindibile del **paesaggio** delle vallate alpine e hanno una valenza multifunzionale che si concre-

tizza non solo nella **produzione** di legname, ma anche nel mantenimento della **biodiversità**, nella **protezione idrogeologica** dei versanti e nel fornire svago e ricreazione a turisti, visitatori e cittadini. Tuttavia, per garantire queste fondamentali funzioni, le foreste devono essere adeguatamente protette. Il progetto MONGEFITOFOR si pone l'obiettivo di affrontare, a livello transfrontaliero, alcune tra le principali emergenze fitosanitarie che hanno interessato negli ultimi anni le foreste dei piani collinare e basso-montano delle Alpi centro-occidentali (**box 1**). Tra queste si annoverano le avversità del **pino silvestre**, in particolare la **processionaria del pino** e il **deperimento** associato a fattori abiotici e biotici, tra cui il **cambiamento climatico** e le infezioni di **funghi fitopatogeni**, criticità a cui è dedicato questo **manuale di campo tecnico-scientifico**. Il manuale vuole essere di supporto non solo ai proprietari, gestori e amministratori delle riserve forestali, ma anche ai tecnici e agli operatori del settore che intendano approfondire le loro conoscenze e migliorare le proprie competenze.

BOX 1

Approfondimenti sul progetto MONGEFITOFOR

Il progetto MONGEFITOFOR, iniziato nel 2019 e conclusosi nel 2023, è incentrato sul monitoraggio delle criticità fitosanitarie emergenti di specie arboree che svolgono un ruolo chiave nelle formazioni forestali collinari e basso-montane degli areali transfrontalieri italo-svizzeri: **castagno** (*Castanea sativa*), **frassino maggiore** (*Fraxinus excelsior*) e **pino silvestre** (*Pinus sylvestris*), a cui sono dedicati specifici manuali tecnico-scientifici della collana **"I MANUALI MONGEFITOFOR"**. Oltre ai manuali, il progetto MONGEFITOFOR propone a tutti gli interessati anche contenuti multimediali di informazione tecnica e approfondimento, accessibili sulle seguenti piattaforme:

SITO WEB

<https://fitosanitario.regione.vda.it/progetto-mongefitofor>

FACEBOOK

<https://www.facebook.com/Mongefitofor-103015101617192/>

INSTAGRAM

<https://instagram.com/mongefitofor?igshid=1f0k8nykdbkwl>

YOUTUBE

<https://www.youtube.com/channel/UCeafnk1hcccn8VIm4wqFvSg>

IL PINO SILVESTRE: INQUADRAMENTO GENERALE DELLA SPECIE

Il **pino silvestre** (*Pinus sylvestris* L.) è una specie forestale che costituisce consorzi floristico-vegetazionali in cui è presente come specie dominante o come specie accessoria occupando un vasto areale geografico che spazia dalla penisola iberica al mare di Ochotsk e dalle regioni scandinave fino alle porzioni settentrionali

della Turchia. In Italia il pino silvestre colonizza ampie porzioni dell'arco alpino, scendendo verso sud fino all'Emilia Romagna e oltre, dove però la sua presenza è tendenzialmente sporadica e distribuita in areali disgiunti di varia estensione. In Svizzera il pino silvestre è diffuso in quasi tutto il territorio confederale dal piano collinare al piano subalpino.

Albero che può raggiungere anche i 30-40 m di altezza, il pino silvestre è un **sempreverde longevo**, con microfilli lunghi fino a 6 cm circa raggruppati a cop-

pie in fascetti e con coni femminili asimmetrici, anch'essi di dimensione generalmente non superiore ai 6 cm lungo l'asse di maggiore sviluppo. Il seme alato trasportato dal vento o da animali garantisce la **rinnovazione** naturale della specie. Facilmente riconoscibile in foresta, il pino silvestre è caratterizzato da una corteccia grigio-bruna nella porzione basale del fusto, dove si evidenziano placche e fessurazioni, mentre verso il cimale il colore vira verso colorazioni ocre, giallastre, o rossicce a seconda degli ecotipi e delle provenienze (**figura 1**). L'architettura della chioma, lo sviluppo delle ramificazioni e la conformazione del fusto possono essere molto variabili in considerazione di fattori ambientali, culturali, genetici e corologici. Alcune stime riportano che gli **ecotipi** o **tipi geografici** ascrivibili al pino silvestre siano oltre 70, ognuno dei quali contraddistinto da specificità morfologiche, peculiarità in termini di accrescimento, longevità e caratteristiche del legno.

L'**apparato radicale** del pino silvestre è **profondo**, robusto, dotato di un solido fittone e di un articolato sistema di ra-



FIGURA 1
 NUCLEO DI PINI SILVESTRI MATURI IN FORESTA. SI PUÒ NOTARE LA NETTA DIFFERENZA CROMATICA DELLA CORTECCIA, GRIGIO-BRUNA NELLA PORZIONE BASALE, ROSSASTRA IN QUELLA MEDIO-ALTA DEL FUSTO.

dici più superficiali che esplorano il suolo contribuendo a garantire un saldo ancoraggio dell'albero.

L'autoecologia di questa specie è variabile in considerazione dell'elevata differenziazione tra ecotipi, ma presenta alcuni caratteri ricorrenti. Il pino silvestre è tipico del piano montano, è **pioniero** ed **eliofilo**, in grado di adattarsi con elevata **plasticità** a condizioni eco-pedologiche che spaziano da suoli poco potenti e ricchi di scheletro, a suoli più fertili ed evoluti, in situazioni in cui il pH può essere indifferentemente acido o basico. La tessitura del suolo non rappresenta un fattore particolarmente limitante per questa specie forestale, che vegeta sia in ambienti ben drenati, sia in contesti nei quali possono verificarsi ristagni idrici conseguenti al livello di compattamento degli orizzonti. Considerato di temperamento xerofilo o **meso-xerofilo**, il pino silvestre predilige climi a carattere **subcontinentale** o continentale ed è in grado di tollerare escursioni termiche importanti, purché il periodo estivo non sia eccessivamente freddo. Nonostante la tolleranza alla siccità favorita dall'architettura dell'apparato radicale e da peculiarità fisiologiche, episodi prolungati e/o frequenti di **stress idrico** associati all'assen-

za di precipitazioni possono condizionare sfavorevolmente l'accrescimento del pino silvestre. Le esigenze autoecologiche del pino silvestre possono essere riassunte mediante una serie di indici quantitativi, che ne delineano le caratteristiche salienti (**tabella 1**).



TABELLA 1

Descrizione sintetica dell'autoecologia del pino silvestre. Per ciascun fattore ambientale è riportato il corrispondente indice di Landolt (da 1 a 5, valori estrapolati da Lauber et al., 2001) con relativa descrizione. Il simbolo x in sostituzione del punteggio numerico indica la plasticità ecologica della specie in riferimento al fattore considerato.

Fattore ambientale	Indice	Descrizione
Esigenze idriche	x	Adattabile a condizioni diverse, elevata plasticità ecologica rispetto al fattore considerato
Reazione del suolo (pH)	x	Adattabile a condizioni diverse, elevata plasticità ecologica rispetto al fattore considerato
Esigenze di nutrienti	2	Vegeta su suoli poveri di nutrienti
Luce	4	Specie eliofila che può talora tollerare anche condizioni di luminosità intermedie, purché per periodi non troppo prolungati
Temperatura	3	Cresce preferibilmente in stazioni con temperature intermedie tipiche del piano montano
Continentalità	4	Predilige climi da subcontinentali a continentali

TABELLA 1

DESCRIZIONE SINTETICA DELL'AUTOECOLOGIA DEL PINO SILVESTRE. PER CIASCUN FATTORE AMBIENTALE È RIPORTATO IL CORRISPONDENTE INDICE DI LANDOLT (DA 1 A 5, VALORI ESTRAPOLATI DA LAUBER ET AL., 2001) CON RELATIVA DESCRIZIONE. IL SIMBOLO X IN SOSTITUZIONE DEL PUNTEGGIO NUMERICO INDICA LA PLASTICITÀ ECOLOGICA DELLA SPECIE IN RIFERIMENTO AL FATTORE CONSIDERATO.

SINECOLOGIA E CARATTERIZZAZIONE DELLE FORMAZIONI FORESTALI CON PINO SILVESTRE

Negli areali transfrontalieri italo-svizzeri il pino silvestre costituisce formazioni forestali in cui è la specie *dominante* (figura 2) o comunque tra le più rappresentate, ma può anche essere presente come elemento accessorio in diversi consorzi floristico-vegetazionali (figura 3). Alcune stime inventariali indicano che in Valle d'Aosta il pino silvestre sia la terza conifera in termini di diffusione, costituendo il 16% del numero totale di alberi, mentre in Svizzera la specie è associata a un punteggio empirico di frequenza relativa pari a 52% su una scala da 0 a 100%, rientrando quindi tra le specie classificate come abbondanti. La plasticità ecologica del pino silvestre permette alla specie di insediarsi in contesti forestali diversi, rendendo com-

FIGURA 2
FORMAZIONE FORESTALE A DOMINANZA DI PINO SILVESTRE NEGLI AREALI TRANSFRONTALIERI ITALO-SVIZZERI.

FIGURA 3
FORMAZIONE FORESTALE PLURISPECIFICA CON PRESENZA DI PINO SILVESTRE ASSOCIATO AD ALTRE CONIFERE E LATIFOGLIE.

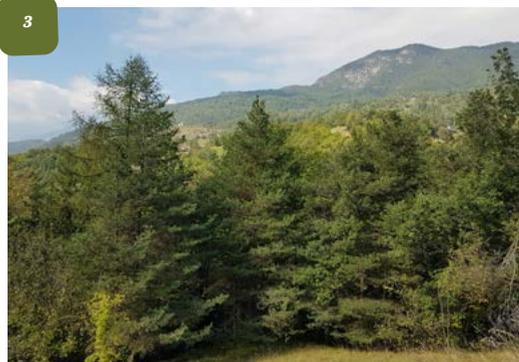
pletto delineare un quadro tipologico univoco ed esaustivo. Alcune delle principali formazioni in cui la specie riveste un ruolo chiave e costitutivo sono indicate come *pinete di pino silvestre*, tra cui si possono annoverare per gli areali transfrontalieri:

- pinete mesalpine acidofile;
- pinete endalpine mesoxerofile;
- pinete endalpine basifile;
- pinete endalpine acidofile.

2



3



Alternativamente, sono state individuate altre modalità per l'inquadramento dei popolamenti dominati da pino silvestre, che propongono per gli stessi areali una classificazione che individua:

- pinete primitive di rupe;
- pinete primitive dei substrati silicatici serpentinosi;
- pinete tipiche mesalpiche/endalpiche dei substrati carbonatici;
- pinete tipiche dei substrati silicatici serpentinosi;
- pinete dei substrati silicatici submontane e montane;
- pinete secondarie.

In linea generale, alcune tra le principali specie forestali che possono associarsi o essere consociate al pino silvestre includono l'abete rosso, il larice, il pioppo tremolo, la roverella, il castagno e altre latifoglie e conifere, comprese altre specie del genere *Pinus*.

FUNZIONI E SERVIZI ECOSISTEMICI EROGATI DAL PINO SILVESTRE

Il pino silvestre, e più in generale le formazioni forestali in cui questo è presente, sono in grado di estrinsecare una vasta gamma di **funzioni** ed erogare diversi **servizi ecosistemici**, tra cui:

- produzione di **assortimenti legnosi**;
- produzione di **prodotti secondari non legnosi**;
- **protezione idrogeologica** e consolidamento dei versanti;
- erogazione di servizi legati alla funzione ecologico-ambientale (es. supporto alla **biodiversità**, sequestro dell'anidride carbonica atmosferica e **stock di carbonio**, contributo ai cicli biogeochimici);
- partecipazione a formazioni che svolgono un ruolo importante come elementi del **paesaggio**, fornendo spazi idonei alla **fruizione turistica** e alla ricreazione.

Le proprietà fisico-meccaniche e tecnologiche del legno rendono il pino silvestre una specie idonea e apprezzata per ritrarre assortimenti destinati alla **produzione** di travi o perline per rivestimenti. Il legno resinoso del pino silvestre è infatti di aspetto gradevole, è mediamente durabile ed è dotato di anelli annuali nettamente visibili, che lo rendono consono a usi per i quali questa caratteristica possa rappresentare un valore aggiunto (**figura 4**). Assortimenti di qualità inferiore trovano invece impiego in falegnameria andante, per la realizzazione di cassettoni o per ottenere pasta di cellulosa destinata alle industrie cartiere. La possibilità di ricavare o meno assortimenti legnosi di

qualità dipende non solo dalle caratteristiche colturali e ambientali della fustaia di pino silvestre, ma anche dalle peculiarità associate alla **variabilità** genotipica ed ecotipica della specie. In determinati areali la conformazione del fusto, la ramosità pronunciata e l'architettura generale dell'albero impediscono un proficuo impiego produttivo, che in altri contesti geografici può essere invece più interessante.

I **prodotti non legnosi** ritraibili dal pino silvestre sono molteplici e alimentano filiere diverse, ad esempio in ambito farmaceutico e cosmetico. Infatti gli aghi, le gemme e la resina possono essere sottoposti a processi di estrazione finalizzati ad ottenere oli essenziali balsamici che trovano impiego nella preparazione di prodotti fitoterapici, profumi, deodoranti per ambienti e prodotti alimentari (figura 4).

4A



4B



FIGURA 4
ASSORTIMENTI LEGNOSI E PRODOTTI NON LEGNOSI DERIVATI DAL PINO SILVESTRE. PROVINO DI LEGNO DI PINO SILVESTRE DA XILOTECA: SONO VISIBILI LE DEMARCAZIONI NETTE TRA GLI ANELLI DI ACCRESCIMENTO E LE SEZIONI LONGITUDINALE (FRONTE), TRASVERSALE (ALTO) E RADIALE (LATO DESTRO) DEL FUSTO (A). ETICHETTA DI UN PREPARATO FITOTERAPICO PER LENIRE I SINTOMI ASSOCIATI A TOSSE E IRRITAZIONE DELLE ALTE VIE RESPIRATORIE: TRA GLI INGREDIENTI RIPORTATI SI NOTA LA PRESENZA DI OLI ESSENZIALI BALSAMICI DI PINO SILVESTRE (B). RIFERIMENTI A MARCHI COMMERCIALI SONO STATI INTENZIONALMENTE RIMOSSI.

Il pino silvestre, pur conservando valenze produttive, negli areali alpini si presta particolarmente bene a esercitare una fondamentale funzione di protezione dei versanti, agendo da limitatore naturale del **rischio idrogeologico** e contribuendo a consolidare i pendii e le scarpate. Le pinete di pino silvestre, come altre foreste di protezione, contribuiscono infatti alla difesa di insediamenti, infrastrutture e altri manufatti di matrice antropica dai rischi connessi a caduta massi, smottamenti e valanghe (fi-

gura 5). Nell'assolvere questa importante funzione, il pino silvestre e le comunità vegetali a esso associate costituiscono un rilevante tassello del mosaico di **paesaggi forestali** che connotano i piani alto-collinare e montano degli areali transfrontalieri italo-svizzeri, creando spazi di ricreazione e ambienti idonei alla **fruizione** turistica (figura 5). Inoltre, il pino silvestre partecipa alla costituzione di reti ecologiche e **habitat** che favoriscono la biodiversità animale, vegetale e microbica.



FIGURA 5

POPOLAMENTO CON PINO SILVESTRE CHE CONSOLIDA IL VERSANTE A MONTE E A VALLE DI UNA STRADA FRUITA DA TURISTI, CICLOAMATORI E ESCURSIONISTI, NELLA CORNICE DEL PAESAGGIO ALPINO DEI PIANI COLLINARE E MONTANO DEGLI AREALI TRANSFRONTALIERI ITALO-SVIZZERI.

ASPETTI SELVICOLTURALI E GESTIONALI

La *selvicoltura ordinaria* del pino silvestre è orientata generalmente alla *conservazione* della specie, fatti salvi interventi che intendano guidare i processi dinamici di *evoluzione* del popolamento verso una composizione plurispecifica in equilibrio con le caratteristiche ambientali della stazione, adottando prevalentemente i canoni della selvicoltura naturalistica o della selvicoltura sistemica. In ogni caso, dato il carattere eliofilo e pioniero della specie, gli interventi devono essere congrui e mantenere una densità del popolamento compatibile con le sue esigenze ecologiche, permettendo l'insediamento e l'attecchimento dei semenzali e consentirne la *rinnovazone naturale*. Questa può essere ostacolata dalla presenza di specie erbacee, arbustive o arboree che esercitino una competizione eccessiva. Quando si verifica uno scenario di questo genere è possibile predisporre l'insediamento di nuclei di *rinnovazone artificiale* di pino silvestre oppure procedere con tagli che favoriscano una *successione guidata* del popolamento a favore di altre specie più idonee alla stazio-

ne. In formazioni forestali a composizione mista occorre pianificare e dimensionare accuratamente gli interventi per evitare di innescare un processo di recessione in cui il pino silvestre regredisce in favore di altre specie molto più tolleranti nei confronti dell'ombreggiamento (es. abete rosso, abete bianco).

Storicamente, in particolare quando la funzione produttiva del pino era considerata prevalente, si eseguivano consuetudinariamente interventi basati su taglio raso (a buche, a strisce o con altre modalità, anche in considerazione degli usi locali). Attualmente, tra gli interventi proposti, sono invece caldeggiati i *tagli successivi*. Alcuni schemi colturali suggeriscono tagli di semenzatura di elevata intensità (60-70% del volume), condotti su piccole superfici (di area compresa tra 0,1 e 0,25 ha), per realizzare fessure esposte favorevolmente alla luce e distribuite uniformemente nell'area di intervento, prevedendo un periodo di rinnovazione incluso tra 10 e 30 anni circa. Tagli intercalari possono essere raccomandati, ma solo quando le esigenze produttive sono prioritarie. I soprammenzionati interventi possono essere notevolmente ridotti di intensità qualora si corra il rischio di favorire al-

tre specie, non in linea con la composizione e la struttura del popolamento preconizzate o quando le dinamiche in atto sembrano idonee a garantire il perpetuarsi del pino silvestre. In questo caso, è possibile infatti **limitare gli interventi** al minimo per agevolare le naturali dinamiche di rinnovazione in essere. Per situazioni in cui cantieri forestali razionali non siano realizzabili o in cui le condizioni stazionali siano avverse o anche nei casi in cui la fertilità sia scarsa (come si verifica nel caso di alcune pinete primitive), può essere valutata l'opzione del non intervento che prelude alla **libera evoluzione**.

Le indicazioni selvicolturali riportate in questo capitolo si intendono valide per popolamenti in cui il pino silvestre non manifesti evidenti alterazioni ascrivibili a criticità di carattere fitosanitario. In presenza di tali criticità è infatti consigliabile integrare le buone pratiche selvicolturali con appositi interventi che tengano conto della presenza e dell'impatto di danneggiamenti provocati da **insetti fitofagi** o del **deperimento** associato ad altri agenti biotici e abiotici (es. **funghi** agenti di **malattia**, anomalie legate al **cambiamento climatico**). Il progetto MONGEFITOFOR, monitorando e indagando le

criticità fitosanitarie del pino silvestre e avvalendosi di una solida base scientifica, si prefigge quindi di delineare possibili linee guida di gestione forestale da applicare a situazioni in cui malattie o infestazioni di insetti possano richiedere una selvicoltura orientata alla **difesa fitosanitaria**.

COROLOGIA E BIOETOLOGIA DELLA PROCESSIONARIA DEL PINO

Thaumetopoea pityocampa (Denis & Schiffermüller, 1775), comunemente nota come processionaria del pino, è un lepidottero facente parte della famiglia Notodontidae. Questo insetto è un **fitofago defogliatore** diffuso nelle regioni del bacino del Mediterraneo, dalla parte meridionale della Francia fino ad Ungheria e Bulgaria ed anche nel Nord Africa. In Italia è presente in tutta la penisola, in Sicilia e nelle isole minori; in Sardegna è stato introdotto accidentalmente nel 2006.

T. pityocampa, pur essendo una specie termofila, si adatta facilmente alle basse temperature e reagisce rapidamente al cambiamento climatico. Per questo negli ultimi anni ha ampliato il suo areale di di-

strubazione verso nord ed in montagna si rileva ad altitudini sempre più elevate (**box 2**).

Le *piante ospiti* di *T. pityocampa* comprendono tutte le specie di pino, principalmente

BOX 2

Gambiamento climatico

La processionaria del pino risponde rapidamente al cambiamento climatico ed è considerata una **specie chiave**. L'innalzamento delle temperature dovuto al riscaldamento globale ha portato a una modifica nelle fasi del ciclo di sviluppo del fitofago e una diminuzione della mortalità delle larve nell'arco dei mesi invernali. Si registra, inoltre, uno spostamento in altitudine e latitudine dell'areale della specie. Il **limite di distribuzione**, infatti, è avanzato di **867 Km** verso nord tra il 1972 e il 2004, mentre il **limite altitudinale** è aumentato di **230 m** tra il 1975 e il 2004 sui versanti meridionali (figure 6-7).

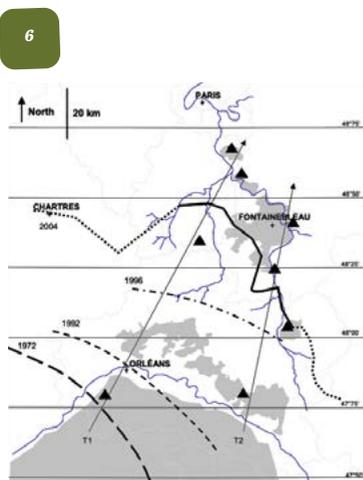


FIGURA 6
ESPANSIONE GEOGRAFICA DELLA PROCESSIONARIA DEL PINO NEL BACINO DI PARIGI (FRANCIA) DAL 1972 AL 2004 (BATTISTI ET AL., 2005).

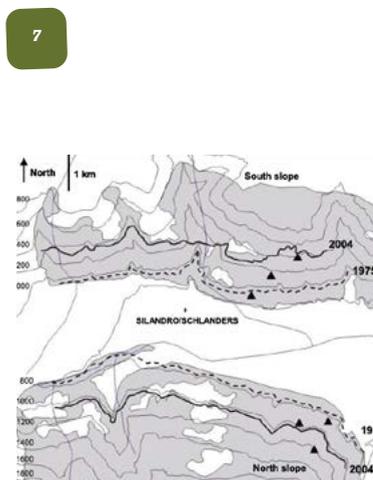


FIGURA 7
ESPANSIONE GEOGRAFICA DELLA PROCESSIONARIA DEL PINO IN VAL VENOSTA (ITALIA) DAL 1975 AL 2004 (BATTISTI ET AL., 2005).

P. sylvestris e *Pinus nigra* con segnalazioni anche a carico di *Pinus mugo*, *Pinus halepensis*, *Pinus pinaster* e *Pinus pinea*. Tra le piante esotiche del genere *Pinus* che vengono utilizzate nei rimboschimenti è da citare come ospite del defogliatore *P. radiata*. In caso di elevate infestazioni, tale specie può attaccare anche larici, mentre in contesti di verde urbano è in grado di arrecare danno anche sui cedri.

T. pityocampa svolge una **generazione** l'anno ed ha un comportamento **crepuscolare-notturno** (figura 8). Supera l'inverno allo stadio di larva quasi matura, all'interno di nidi sericei intessuti sui rami delle conifere ospiti (figura 9). Il nome della specie è dovuto al fatto che le larve fuoriescono dai nidi formando **lunghe processioni** che procedono in **fila indiana**, inizialmente lungo il tronco e poi sul terreno,

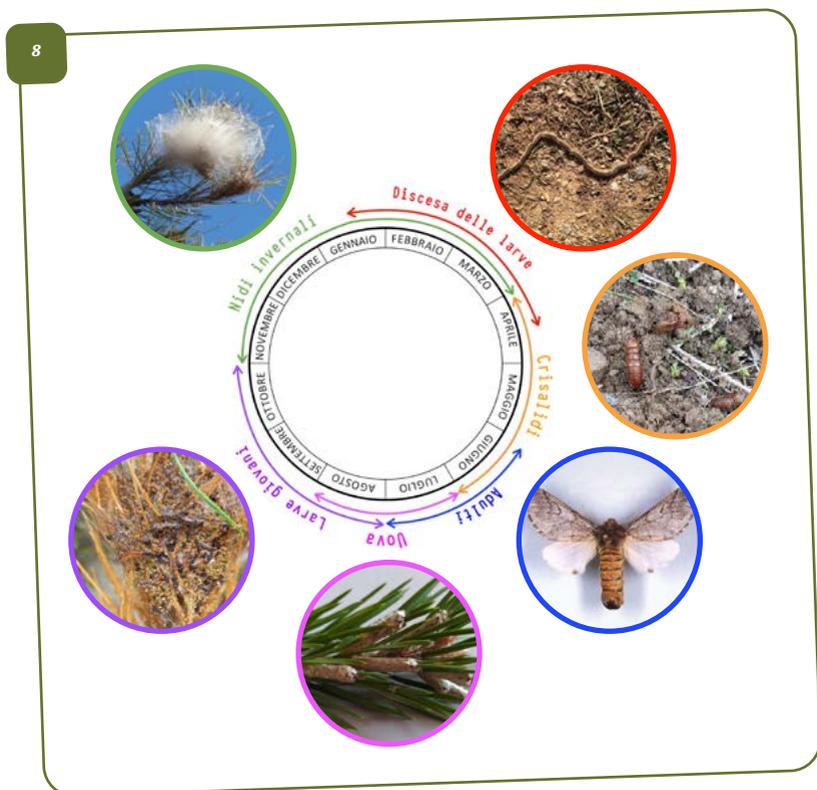


FIGURA 8
CICLO BIOLOGICO DELLA PROCESSIONARIA DEL PINO.

alla ricerca di un sito idoneo per l'interramento (**figura 10**). Nel corso di questi spostamenti le larve secernono un *filamento sericeo* e *una traccia di feromone*.



FIGURA 9
NIDO INVERNALE DEFINITIVO.

FIGURA 10
TIPICA PROCESSIONE DI LARVE DI THAUMETOPOEA PITYOCAMPA PRIMA DELL'INTERRAMENTO.





L'interramento avviene solitamente tra febbraio e aprile, di solito ai margini del bosco, in radure su pendii soleggiati con suolo soffice. *T. pityocampa* si interra a una profondità variabile tra i 5 e i 15 cm e si **incrisalida** all'interno di un **bozzolo sericeo** (figura 11). Lo **sfarfallamento** degli adulti avviene dopo circa 2-4 mesi, principalmente tra **giugno e luglio** ma una parte della popolazione può entrare in una **diapausa prolungata**, che può durare da uno a tre anni (figura 12). Gli **adulti** hanno una **longevità molto breve**, 2-3 giorni, durante la quale avviene l'accoppiamento, dopodiché le femmine depongono da 70 ad oltre 300 uova in **manicotti** lunghi circa 30 mm avvolgendo una coppia di aghi (figura 13). Le **ovature** sono rivestite all'esterno da **peli squamosi** provenienti dall'addome della femmina, che hanno il compito di cementare le uova fra loro, rendendo indistinguibili l'una dall'altra, e proteggendole da eventuali parassitoidi e predatori.

Le **uova** sono di forma approssimativamente sferica, misurano circa 1 millimetro di diametro e sono di colore **grigio-bianco**.

Dopo circa 30-45 giorni, in funzione delle condizioni termiche, le uova cominciano a schiudersi e le **larve** appena

fuoriuscite iniziano subito a **erodere gli aghi** del pino ospite tessendo inoltre, con i loro fili sericei, dei **nidi provvisori** con preferenza per le parti più soleggiate ed elevate della chioma. Le larve hanno un **comportamento gregario**, passano attraverso 5 età di sviluppo e, a partire dalla terza età, presentano i **peli urticanti** lungo il dorso (**figura 14**) (**box 3**).

In **ottobre** le larve formano i **nidi invernali** definitivi, ben più voluminosi e consistenti di quelli estivi, di forma oblunga o tondeggiante, sempre posizionati nelle parti più esposte e soleggiate della chioma. All'interno di questi nidi possono svernare anche centinaia di individui provenienti dalla schiusa di diverse ovature.

12



13



14



FIGURA 11
CRISALIDI DI THAUMETOPOEA PITYOCAMPA.

FIGURA 12
ADULTO DI THAUMETOPOEA PITYOCAMPA.

FIGURA 13
OVATURA A MANICOTTO DI THAUMETOPOEA PITYOCAMPA.

FIGURA 14
DIFFERENTI STADI LARVALI DI THAUMETOPOEA PITYOCAMPA.

BOX 3

Non tutte le larve sono urticanti come la processionaria del pino

Nei mesi primaverili ed estivi sono ricorrenti le segnalazioni di larve provviste di lunghe setole su svariate latifoglie in contesti sia urbani sia forestali. Molto spesso queste larve vengono erroneamente confuse con le larve urticanti della processionaria del pino, destando molta preoccupazione tra i cittadini e i non addetti ai lavori.

Qui di seguito vengono riportate alcune informazioni e immagini delle specie di insetti che presentano **larve che non hanno proprietà urticanti** e non rappresentano quindi un pericolo per l'uomo e per gli animali domestici, provocando raramente disturbo solo in soggetti particolarmente sensibili (figure 15-17).

15



16



17



FIGURA 15
LARVA DI *HYPHANTRIA CUNEA*.

FIGURA 16
LARVA DI *LYMANTRIA DISPAR* CARATTERIZZATA DAI TIPICI TUBERCOLI BLU E ROSSI.

FIGURA 17
LARVA DI *MALACOSOMA NEUSTRIA*.

Oltre alla processionaria del pino si annoverano ulteriori larve di specie urticanti a cui è necessario prestare attenzione: la processionaria della quercia (*Thaumetopoea processionea*) e il borbice dal ventre dorato (*Euproctis chrysosorrhoea*), anch'esse in grado di causare eruzioni cutanee, prurito, rossori, irritazioni degli occhi e in casi gravi anche difficoltà respiratorie (figure 18-19).

18



FIGURA 18
LARVA DI *THAUMETOPOEA PROCESSIONEA*.

19



FIGURA 19
LARVA DI *EUPROCTIS CHRYSORRHOEA* L. (FOTO DI LUCIANA BARTOLINI - WWW.LUCIANABARTOLINI.NET).

IMPLICAZIONI FITOSANITARIE, SANITARIE E VETERINARIE

L'attività trofica delle giovani larve durante l'autunno causa generalmente danni modesti, con *ingiallimenti* degli aghi parzialmente erosi e avvolti da tessiture sottili. Al contrario, durante la primavera le larve, ormai mature, sono molto più voraci e questo può comportare una *defogliazione completa* delle piante nell'arco di poche settimane. Tale azione riduce l'accrescimento dei pini e li indebolisce, perciò risultano più vulnerabili all'attacco di eventuali *insetti di debolezza*, come ad esempio i coleotteri scolitidi (**figura 20**).

FIGURA 20
EVIDENTI DANNI DOVUTI ALL'ATTIVITÀ TROFICA
DELLE LARVE DI *THAUMETOPOEA PITYOCAMPA*
SULLE PIANTE OSPITI.



Nelle zone prealpine le ripetute defogliazioni svolgono tuttavia un ruolo ecologico molto importante nella successione di boschi di pino nero di origine artificiale, favorendo l'ingresso di latifoglie autoctone nel bosco.

Nelle pinete con valore paesaggistico o frequentate a scopi turistico-ricreativi, le infestazioni comportano non solo un **alterazione estetica** del bosco dovuta alla defogliazione, ma anche un serio **rischio sanitario e veterinario** per via dei peli urticanti, rilasciati nell'ambiente dalle larve a partire dalla terza età. Tali peli, presenti in migliaia su precise aree del dorso definite "specchi", possiedono una conformazione ad arpione con punte terminali e contengono una proteina solubile, liberata in seguito alla rottura del pelo, chiamata **taumato-poeina**. Queste caratteristiche rendono i peli in grado di provocare **reazioni avverse** a livello dermatologico, in seguito ad un contatto diretto con le larve oppure per la semplice dispersione dei loro peli nell'ambiente (**figura 21**). Tali effetti si riscontrano non solo sull'uomo ma anche sugli **animali domestici**, i quali spesso, incuriositi dalla lunga processione di larve dirette ad interrarsi, vi entrano in contatto e si ritrovano quindi con

gravi reazioni allergiche, che rendono necessario il rapido intervento di un veterinario.

21



FIGURA 21
 REAZIONI CUTANEE DOVUTE AL CONTATTO CON
 I PELI URTICANTI DI LARVE DI THAUMETOPOEA
 PITYOCAMPA.

IL MONITORAGGIO DELLA PROCESSIONARIA DEL PINO

Nell'ambito del progetto MONGEFITOFOR, per avere un quadro preciso della diffusione, dell'incidenza e della gravità dell'infestazione di *T. pityocampa* nel territorio della Valle d'Aosta è stato effettuato

un *monitoraggio capillare* che ha previsto l'installazione di **277 trappole georeferenziate** innescate con i feromoni sessuali in aree di studio permanenti (**figura 22**).

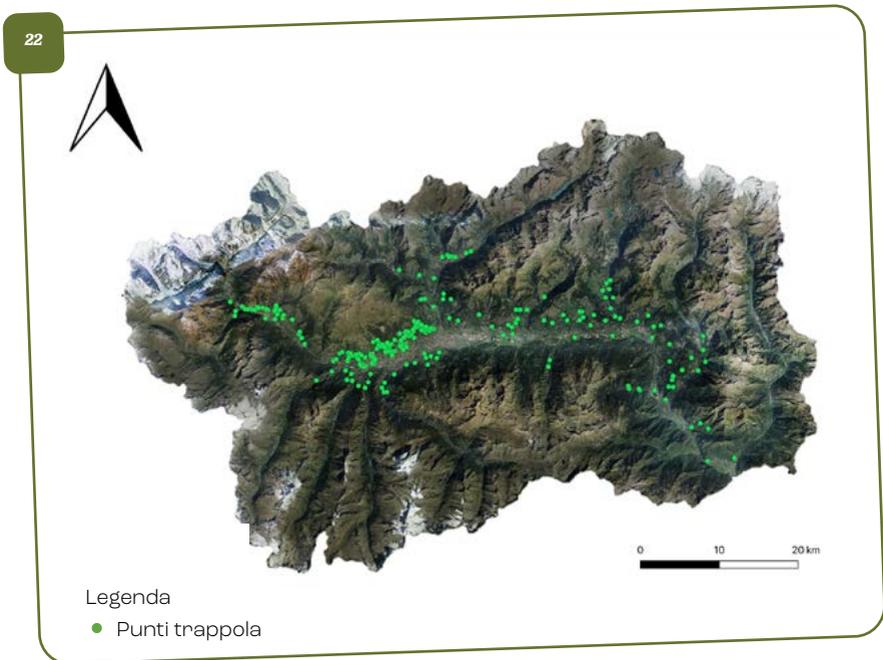


FIGURA 22
LOCALIZZAZIONE DELLE TRAPPOLE INNESCATE
CON I FEROMONI SESSUALI PER IL MONITORAG-
GIO DI *THAUMETOPOEA PITYOCAMPA* IN VALLE
D'AOSTA.



Queste trappole hanno consentito la **cattura** e quindi il **conteggio** di individui maschili attirati dal feromone sessuale femminile, nonché la determinazione del **periodo di volo** degli adulti, della localizzazione e della maggiore intensità di attacchi del fitofago (**figura 23**).

Il monitoraggio, svolto su **ampie superfici regionali** con l'utilizzo di **protocolli specifici**, ha consentito di prevedere, in base ai dati raccolti sul numero di nidi invernali e sul tasso di **defogliazione** delle piniete registrato in primavera, il grado di **infestazione** per l'anno successivo. I monitoraggi sono stati condotti con frequenze programmate per tutto il ciclo biologico della specie, a partire dal 2020 al 2023 e proseguiranno con rilievi a lungo periodo. Il monitoraggio è stato integrato con le attività di **citizen science** e il coinvolgimento degli **stakeholders**, ovvero i soggetti attivamente coinvolti nel progetto (**box 4**).

FIGURA 23
TRAPPOLA AD IMBUTO UTILIZZATA PER IL MONITORAGGIO DI *THAUMETOPOEA PITYOCAMPA*.

BOX 4

Citizen science

La *citizen science*, «**scienza dei cittadini**», è un insieme di attività che prevede il coinvolgimento volontario del grande pubblico che partecipa attivamente alla ricerca scientifica. Tramite tali attività è possibile da un lato migliorare la raccolta di dati e dall'altro sensibilizzare e formare il grande pubblico su tematiche ambientali ed ecologiche (figura 24).

Per questo è stata messa a disposizione dei cittadini la piattaforma “**Segnala avversità fitosanitaria**” sul sito web del progetto MONGEFITOFOR, facilmente raggiungibile tramite QR-Code, per segnalare la presenza di problematiche fitosanitarie riscontrate sul territorio (figura 25).

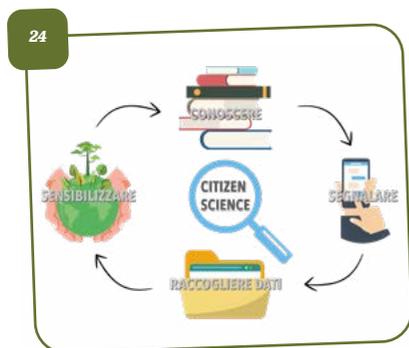


FIGURA 24
SCHEMA DELLE ATTIVITÀ PREVISTE NELL'AMBITO DELLA CITIZEN SCIENCE.

FIGURA 25
QR-CODE CREATO PER RAGGIUNGERE LA PIATTAFORMA “SEGNALA AVVERSITÀ FITOSANITARIA” SUL SITO WEB DEL PROGETTO MONGEFITOFOR.



APPLICAZIONE DI STRATEGIE DI CONTENIMENTO

La processionaria del pino nelle foreste delle Alpi occidentali costituisce un grave problema sia per le pinete, che vengono gravemente defogliate, sia per i fruitori, i turisti e gli animali a causa dei problemi derivanti dai peli urticanti delle larve. Per questi motivi la lotta verso questo insetto fu resa **obbligatoria** già negli anni '20 del 1900 con l'emanazione del D.M. 138 del 20.05.1926 e successivamente con il Regio Decreto 1700 del 12.10.1933, poi modificato dal Regio Decreto 2504 del 2.12.1937. Più recentemente, disposizioni per la lotta contro questa specie sono state divulgate con il D.M. 17.04.1998, reiterato con il D.M. 30.10.2007. Tuttavia, l'obbligatorietà della lotta con-

tro questa specie è stata abrogata con la pubblicazione del D.M. 6 dicembre 2021.

La lotta che il progetto MON-GEFITOFOR ha inteso attuare contro la processionaria del pino ha avuto come obiettivi il mantenimento delle popolazioni dell'insetto a **livelli accettabili** in modo da salvaguardare al tempo stesso i popolamenti forestali e la salute dei fruitori, sia umani sia animali. In particolare, si è tenuto conto della tipologia dei siti: maggiore intensità di infestazione, presenza di strutture di interesse turistico-ricreativo e di centri abitati.

Le strategie di difesa applicate nell'ambito del progetto si sono avvalse delle **tecniche** disponibili più **efficaci**, adottate in relazione alle diverse fasi del ciclo biologico dell'insetto e alle caratteristiche dei popolamenti forestali infestati.

Per quanto riguarda il conte-



nimento del fitofago, nell'ambito del progetto MONGEFITOFOR sono state valutate in **cantieri pilota** sperimentali, per tre anni consecutivi, diverse modalità di controllo tra

cui: **lotta microbiologica**, **biotecnica**, **meccanica** e **chimica**, prediligendo tecniche **sostenibili** anche al fine di aderire alle normative europee e nazionali (**box 5**).

BOX 5

Cantieri pilota

I cantieri pilota sono aree di prova in cui vengono valutati i diversi metodi di lotta e la loro efficacia, quindi la sostenibilità ambientale ed economica. Tali aree sperimentali comprendono parcelle omogenee, sia trattate sia non trattate, monitorate con rilievi e campionamenti mirati e periodici.

Nell'ambito di MONGEFITOFOR, sono stati selezionati e allestiti dal gruppo operativo del progetto **8 cantieri pilota** sperimentali per il contenimento della processionaria del pino al fine di favorire il naturale incremento di resistenza e resilienza dei popolamenti forestali (figure 26-28).

Nei cantieri pilota sono state applicate strategie di controllo a basso impatto ambientale:

- **lotta microbiologica:** *Bacillus thuringiensis var. kurstaki* (Btk) (2 cantieri);
- **lotta biotecnica:** confusione sessuale (erogatori, paint ball) (3 cantieri);
- **lotta meccanica:** bande adesive e collari al tronco (1 cantiere);
- **lotta chimica:** endoterapia (2 cantieri).

26



FIGURA 26
PERSONALE COINVOLTO NEL PROGETTO DURANTE LA SELEZIONE DI UN CANTIERE.

27



FIGURA 27
PERSONALE COINVOLTO NELLA REALIZZAZIONE DEL CANTIERE PILOTA RELATIVO ALL'ENDOTERAPIA PRESSO UNA SCUOLA MEDIA.

Confusione sessuale
Erogatori (2021)



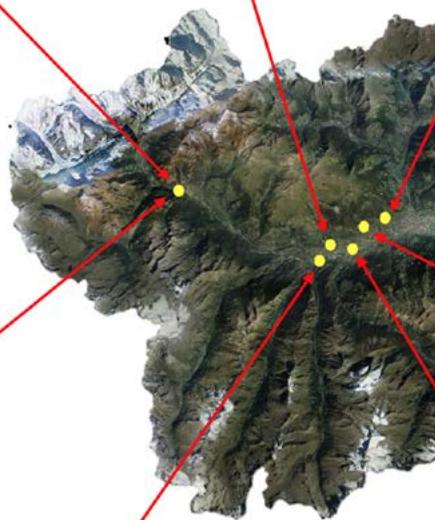
Confusione sessuale
Erogatori (2022)



Confusione sessuale - Paint ball



Btk (2022)



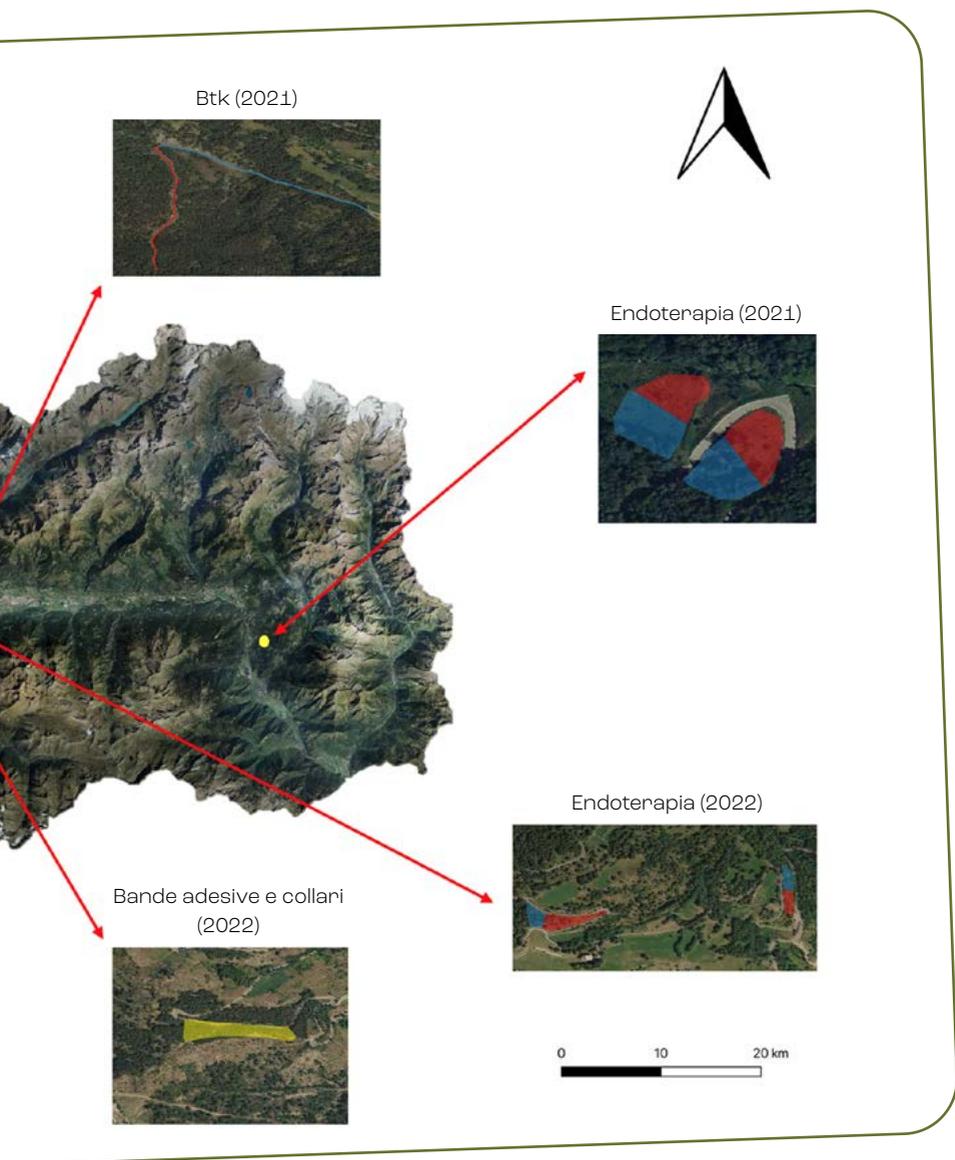


FIGURA 28
 CARTA RAPPRESENTANTE I CANTIERI PILOTA ALLESTITI E MONITORATI (PUNTI GIALLI SULLA MAPPA). POSSIAMO OSSERVARE IN BLÙ IL SITO TRATTATO E IN ROSSO IL SITO DI CONTROLLO.

IN GIALLO, INVECE, È RAPPRESENTATA L'AREA IN CUI SONO STATE INSTALLATE LE BANDE ADESIVE E I COLLARI.

LOTTA MICROBIOLOGICA

Tale strategia di contenimento rientra nel concetto più ampio della *lotta biologica*, che utilizza agenti biotici di controllo di varia natura come virus, batteri, funghi e nematodi antagonisti. Nelle aree sperimentali di Sarre e Saint-Pierre (AO) e in altre zone urbane e forestali, è stato distribuito sulle piante, mediante irroratore, un prodotto registrato a base di un *batterio entomopatogeno*, *Bacillus thuringiensis var. kurstaki* (*Btk*), varietà ampiamente impiegata contro le larve di lepidotteri. I trattamenti sono stati effettuati nei primi giorni

di settembre quando i danni del fitofago erano ancora contenuti. Il *Btk* è un batterio aerobico e sporigeno, presente in natura, che agisce per ingestione e provoca la morte degli stadi larvali (prevalentemente larve di I e II età), diminuendo così l'entità dell'infestazione. Poiché il *Btk* è fotolabile, le *irrorazioni* sono state eseguite nelle ore crepuscolari (**figura 29**). L'efficacia di questo trattamento è stata valutata in base al numero di nidi presenti nei mesi invernali successivi al trattamento. Nelle parcelle trattate il numero di nidi invernali è risultato minore rispetto alle parcelle testimone, evidenziando una buona efficacia di questo tipo di lotta.



FIGURA 29
TRATTAMENTO CON ATOMIZZATORE PER L'APPLICAZIONE DEL BATTERIO ENTOMOPATOGENO *BACILLUS THURINGIENSIS* VAR. *KURSTAKI*.

LOTTA BIOTECNICA

Le biotecniche prevedono l'impiego di sostanze, come i **feromoni sessuali**, che intervengono sul comportamento degli insetti, e l'utilizzo di tecniche genetiche. I feromoni sessuali femminili sintetici, oltre che per il monitoraggio e la cattura di un gran numero di individui maschili (cattura massale), vengono utilizzati per la confusione sessuale. La tecnica della **confusione sessuale** prevede la diffusione uniforme di feromoni sessuali nel territorio durante il periodo di volo degli adulti. I maschi, trovandosi in un ambiente saturo di feromone sintetico, riescono difficilmente a rilevare i feromoni emessi naturalmente dalle femmine vergini; la ricerca delle femmine risulta di conseguenza più difficile. Le **elevate concentrazioni** di feromoni causano la saturazione dei recettori antennali dei maschi e diminuiscono la capacità di risposta a tali stimoli. Ne deriva un **minor tasso di accoppiamenti** e quindi una minore ovideposizione. Il cantiere pilota è stato allestito nel territorio di Morgex (AO) dove è stato applicato, in una specifica area, il metodo "tradizionale" della confusione sessuale con la collocazione di

erogatori contenenti i feromoni sintetici femminili. Tale area è stata comparata con un'altra area priva di erogatori. In entrambi i siti erano presenti le trappole a feromoni per catturare e quindi contare gli individui maschili che ne venivano attratti (**figura 30**).

FIGURA 30

EROGATORE DI FEROMONE SESSUALE UTILIZZATO NEL CANTIERE ALLESTITO PER LA CONFUSIONE SESSUALE.

30



Sempre a riguardo della confusione sessuale, è stato sperimentato a Saint-Pierre (AO) il metodo innovativo "Pine T Pro ball". Tale metodo consiste nello "sparare", tramite fucili compressi ad aria di tipo paint ball, mirando al fusto della pianta, biglie contenenti 0,1 g di una sospensione di **microcapsule di feromone sessuale**. È sufficiente un'applicazione per anno prima della comparsa degli adulti. I risultati preliminari ottenuti, in termini di inferiori catture di individui maschili sulle trappole, hanno mostrato come questa tecnica possa essere promettente nel ridurre le infestazioni del fitofago (**figura 31**). Ulteriori indagini di campo verranno condotte anche dopo la fine del progetto per poter valutarne l'efficacia in una finestra temporale maggiore.



FIGURA 31
 APPLICAZIONE DELLA TECNICA DI CONFUSIONE SESSUALE TRAMITE IL METODO INNOVATIVO "PINE T PRO BALL".

LOTTA MECCANICA

Gli interventi meccanici che prevedono l'**asportazione dei nidi** da metà autunno a fine gennaio sono praticabili su **piccole superfici**, su alberi isolati e nei parchi/giardini pubblici ma non in bosco e non assicurano un controllo efficace delle popolazioni. Risultati incerti si ottengono anche con la rottura dei nidi tramite l'utilizzo di un'arma da fuoco (lotta balistica). Per il controllo del fitofago su piccoli gruppi di piante in parchi e giardini, si possono attuare anche interventi di lotta meccanica

consistenti nella raccolta delle larve mediante specifiche trappole. In un cantiere pilota a Sarre (AO) sono state applicate **bande adesive e collari rigidi** al tronco per creare una **barriera** nei confronti delle larve mature in discesa lungo il fusto per il successivo interrimento (**figura 32**). L'esito di tali trappole è stato monitorato mediante conteggi periodici delle larve catturate. La tecnica dei collari ha permesso una maggiore cattura delle larve a confronto con le bande adesive, che spesso venivano oltrepassate dalle larve soprattutto in caso di elevate densità di popolazione.

33

FIGURA 32

BANDE E COLLARI AL TRONCO DEI PINI PER L'INTERCETTAZIONE DELLE LARVE IN FASE DI INTERRAMENTO.

32



LOTTA CHIMICA

A causa dei rischi sanitari, nonché della tossicità verso altri insetti non bersaglio come i limitatori naturali e gli insetti impollinatori, gli insetticidi non vengono applicati tramite irrorazione sulla chioma, bensì tramite l'endoterapia. Per **endoterapia** s'intende l'introduzione diretta di piccole quantità di un **insetticida sistemico** registrato che sarà lentamente traslocato verso la chioma dal circolo linfatico della pianta stessa, provocando la morte delle larve che si nutrono degli aghi di pino. Le applicazioni endoterapiche trovano impiego su piante ornamentali, localizzate in scuole e in parchi pubblici e privati.

Per due anni consecutivi, nei cantieri pilota di Montjovet e Sarre (AO), è stato adottato il "**Nuovo Metodo Corradi®**" che prevede un'iniezione manuale nel fusto della pianta, mediante specifiche siringhe con sistema a pressione, utilizzando **abamectina** come principio attivo sistemico (**figura 33**).

Tale tecnica prevede una **rapida esecuzione** del trattamento, un'**elevata efficacia**, una **bassa fitotossicità**, ed è rispettosa dell'ambiente, degli operatori e della popolazione. Per la scelta del sito trattato e del sito

testimone i parametri di scelta sono stati: presenza di nidi provvisori, presenza di larve all'interno dei nidi provvisori, uniformità delle dimensioni del fusto delle piante per garantire la stessa quantità di prodotto somministrato. Il metodo assicura una pressione ridotta nell'introduzione dell'abamectina evitando il danneggiamento dei vasi conduttori della pianta. L'efficacia del trattamento, misurata mediante la valutazione della mortalità larvale valutata in laboratorio, ha messo in evidenza una **maggiore mortalità delle larve** prelevate dai nidi provvisori delle piante trattate con abamectina rispetto a quelle prelevate da piante testimoni (**figura 34**).

L'utilizzo di vari metodi di lotta ha consentito di mettere in evidenza i risultati migliori derivati dalle sperimentazioni svolte nei cantieri pilota per suggerire un piano di lotta che utilizzi e integri le metodiche più funzionali, da correlare anche alla tipologia del territorio.

FIGURA 33
TRATTAMENTO ENDOTERAPICO EFFETTUATO MEDIANTE IL NUOVO METODO CORRADI®.

FIGURA 34
PERSONALE COINVOLTO DURANTE LE ATTIVITÀ DI LABORATORIO PREVISTE PER LA VALUTAZIONE DELLA MORTALITÀ DELLE LARVE DI PROCESSIONARIA PRELEVATE SULLE PIANTE TRATTATE CON L'ENDOTERAPIA.



Oltre alle strategie di lotta applicate e testate, si evidenzia l'importanza della lotta biologica contro *T. pityocampa* attuata da specie **antagoniste**. La processionaria presenta un notevole complesso di **antagonisti naturali**. Tra questi troviamo **insetti parassitoidi** (*Trichogramma* spp., *Ooencyrtus pityocampae*, *Baryscapus servadeii*, *Phryxe caudata*, *Vil-la brunnea*), **insetti predatori** (*Xathandrus comtus*, *Calosoma sycophanta*), **uccelli insettivori** (upupa, cince), **malattie virali e fungine** a carico di larve e crisalidi.

Contro la processionaria del pino non vengono solitamente effettuati interventi di lotta biologica, ma le continue



ricerche sulla biologia e sul comportamento degli antagonisti possono fornire utili prospettive.

Proprio ai fini di una possibile lotta biologica, sono state effettuate indagini su vasta scala sul territorio della regione Valle d'Aosta, sia in campo che in laboratorio, per individuare eventuali parassitoidi della processionaria del pino. Particolare interesse è stato rivolto verso la ricchezza e la complessità dei **parassitoidi oofagi** associati alla processionaria. A tal fine, ovature di processionaria sono state raccolte in popolamenti boschivi di pino nero e silvestre, a un'altitudine compresa tra i 800 ed i 1300 m s.l.m., portate in laboratorio, ripulite dalle squame protettive (**figura 35**) e poste in provette di vetro per monitorare lo sfarfallamento dei parassitoidi e successivamente identificarli (**figure 36-37**).

35



36



37



FIGURA 35
RIMOZIONE DELLE SQUAME PROTETTIVE DALLE OVATURE.

FIGURA 36
PARASSITOIDI SFARFALLATI DA UN'OVATURA POSTA IN PROVETTA.

FIGURA 37
PARASSITOIDE NEOSFARFALLATO E RELATIVO FORO DI SFARFALLAMENTO.

L'analisi morfologica e molecolare degli individui ottenuti ha permesso di individuare diverse specie di parassitoidi oofagi di cui le più rappresentative sono risultate essere *Trichogramma* sp. (**figura 38**) e *Ooencyrtus pityocampae* (**figura 39**), mentre in misura minore sono stati identificati individui di *Baryscapus servadeii* e *Anastatus bifasciatus*. Nell'ambito del progetto è stata costituita una **task-force transfrontaliera** (task-force EFIS - Emergenze Fitosanitarie Italia-Svizzera) per garantire supporto alle attività di difesa delle foreste nell'area di studio del progetto contro le **nuove criticità fitosanitarie** (**box 6**).



FIGURA 38
ESEMPLARI DI *TRICHOGRAMMA* SP.

FIGURA 39
SFARFALLAMENTO DI UN ESEMPLARE ADULTO DI *OOENCYRTUS PITYOCAMPAE*.

BOX 6

Task force

La **task-force transfrontaliera** sviluppata nell'ambito del progetto ha l'obiettivo di individuare e contrastare infestazioni e malattie causate da organismi invasivi che potrebbero causare problemi anche in Valle d'Aosta e nei cantoni dei Grigioni e del Ticino. Gli areali di progetto manifestano un'elevata vulnerabilità al fungo patogeno *Dothistroma septosporum*, temibile agente di deperimento e defogliazione a carico delle chiome di pino. Analogamente, anche insetti **esotici invasivi** come lo scarabeide giapponese *Popillia japonica* e i cerambicidi asiatici *Anoplophora chinensis* e *A. glabripennis* possono rappresentare una potenziale emergenza fitosanitaria nell'area studiata, essendo già stati segnalati in alcune regioni dell'Italia settentrionale. Altre possibili minacce sono rappresentate dalle seguenti specie:

Agrilus planipennis, specie inserita nella **lista A2** dell'**European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO)**, che risulta attualmente segnalata in Russia e Ucraina e in continua espansione.

Bursaphelenchus xylophilus, nematode inserito anch'esso nella **lista A2**, per ora osservato in Spagna e Portogallo, ma non ancora in Italia.

Dendroctonus valens, specie inserita nella **lista A1** dell'EPPO, che raggruppa organismi di quarantena non ancora presenti nell'area di competenza.

Toumeyella parvicornis, specie inserita nella **lista di Allerta** dell'EPPO, a carico del genere *Pinus* e attualmente segnalata in alcune regioni dell'Italia (Abruzzo, Campania, Lazio, Puglia e Toscana).

INQUADRAMENTO GENERALE DEL DEPERIMENTO DEL PINO SILVESTRE

Il **deperimento del pino silvestre** è un fenomeno noto in tutta Europa. Nell'arco alpino esso è accentuato soprattutto nelle vallate con andamento est-ovest, a clima più continentale,

come ad esempio la valle del Rodano in Vallese, la valle centrale della Valle d'Aosta, la Valle di Susa in Piemonte. Il deperimento del pino silvestre sulle **Alpi**, in passato indagato anche in Valle d'Aosta nell'ambito di un progetto Interreg Italia-Svizzera, **si manifesta in modo cronico** con il **disseccamento**, dopo una fase di progressivo indebolimento,

di *singoli esemplari* (figura 40) o piccoli *gruppi di piante* distribuite casualmente nei popolamenti, soprattutto in quei siti su versanti esposti a sud. Tale sindrome, che si rivela più intensamente nelle foreste poste al di sotto dei 1000 m s.l.m., è considerata come l'effetto di una serie complessa di fattori, tra cui il clima, la competizione con altre specie, per esempio la roverella, la presenza di parassiti come ad esempio vischio, nematodi dell'alburno, insetti xilofagi e funghi patogeni.

FIGURA 40
DEPERIMENTO CRONICO DI SINGOLI ESEMPLARI
DI PINO SILVESTRE. SAINT DENIS (AO).

40



41



42



Tali fenomeni di deperimento hanno poco in comune con i **disseccamenti generalizzati di tipo acuto** del pino silvestre manifestatisi in passato in formazioni di neoinvasione su ex coltivi sul versante esposto a nord della valle centrale della Valle d'Aosta (**figura 41**).

Nella sua fase più acuta il deperimento generalizzato si manifesta con la **decolorazione** (arrossamento) della **chioma** seguita dal completo **disseccamento** dell'individuo. La caduta degli aghi procede dall'interno dei rametti verso l'esterno, cioè a partire dagli aghi più vecchi. I rametti terminali, densi di aghi, assumono spesso un aspetto a **coda di leone** (**figura 42**). L'imbrunimento degli aghi, che segue l'arrossamento, è un sintomo piuttosto comune.

Sebbene su questi pini silvestri siano stati rinvenuti segni di insetti fitofagi e funghi fitopatogeni, tra cui il coleottero cerambicide *Acanthocinus aedilis*, il buprestide *Phaenops cyanea*, i funghi *Cenangium ferruginosum*, *Cyclaneusma minus*, *Sclerophoma pithyophila* e *Truncatella hartigii*, questi non giustificano il quadro sintomatologico nel suo complesso e la morte degli individui.

Indagini climatiche e analisi retrospettive comparate con altri episodi di deperimento acuto del pino in Valle d'Aosta

hanno consentito di stabilire un'origine climatica di questi fenomeni e che il succedersi di almeno *due annate consecutive* caratterizzate da *anomalie dell'indice ombrotermico estivo* (rapporto tra precipitazioni in mm e temperature in °C dal mese di maggio al mese di agosto) favorirebbe l'insorgere del *deperimento acuto* (figura 43).

Il deperimento acuto si manifesta prevalentemente nelle formazioni poste sui versanti esposti a nord anziché in quelli esposti a sud poiché in questi ultimi le piante tollerano meglio periodi di prolungata siccità, per via di una serie di adattamenti atti a compensare e ridurre il flusso idrico di traspirazione.

43

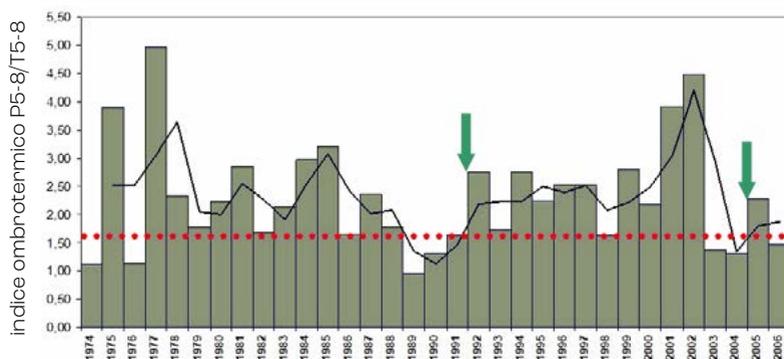


FIGURA 41
DEPERIMENTO GENERALIZZATO DI TIPO ACUTO VERIFICATOSI A CARICO DELLE PINETE DI NE-OINVASIONE SULLA DESTRA OROGRAFICA DELLA VALLE CENTRALE DELLA VALLE D'AOSTA NEL 2005-2006. GRESSAN (AO).

FIGURA 42
PARTICOLARI DELLA CHIOMA DI UN PINO SILVESTRE INTERESSATO DA DEPERIMENTO ACUTO. SI NOTI L'ASPETTO DELLE PARTI TERMINALI DEI GETTI, A CODA DI LEONE.

FIGURA 43
SERIE STORICA E MEDIA MOBILE DELL'INDICE OMBROTERMICO ESTIVO, CALCOLATO SUI DATI DI PRECIPITAZIONI E TEMPERATURE DI ST. CHRISTOPHE. IN ROSSO UN'IPOTETICA SOGLIA MINIMA DI INNESCO DEI FENOMENI DI DISSECCAMENTO PER IL PINO SILVESTRE. SI NOTI CHE IL DEPERIMENTO ACUTO DEL PINO SILVESTRE È INSORTO DOPO UN MINIMO DI QUESTO INDICE.

La selettività del fenomeno sul pino silvestre sembra essere giustificata da una serie complessa di fattori, tra cui il clima, il suolo, l'età delle piante e la conformazione del loro apparato radicale. In suoli di media profondità il pino silvestre sviluppa, a differenza di altre specie, tra cui l'abete rosso, un apparato radicale relativamente profondo. Mentre specie ad apparato radicale superficiale riescono a intercettare e avvalersi di acqua piovana anche quando questa è poco abbondante, le specie con apparato radicale profondo sono estremamente sensibili a drastiche riduzioni delle precipitazioni, soprattutto quando queste avvengono in concomitanza con abbassamenti della falda freatica. Ciò è particolarmente vero nel caso di piante adulte, incapaci di sopperire emettendo in modo significativo nuove radici e modificando l'architettura radicale. Sebbene questi fenomeni possano essere reversibili e non necessariamen-

te portino al disseccamento completo di interi popolamenti, le conseguenze sul paesaggio sono molto rilevanti, così come il rischio di successivi incendi boschivi.

MONITORAGGIO DEL DEPERIMENTO DEL PINO SILVESTRE

Nel corso degli ultimi anni e durante l'attuazione del progetto MONGEFITOFOR, il Corpo Forestale della Regione Autonoma Valle d'Aosta e l'Università degli Studi di Torino hanno cooperato per raccogliere e analizzare le **segnalazioni** che hanno riportato sul territorio l'insorgenza o la recrudescenza di fenomeni di **deperimento** a carico del pino silvestre. Agenti, funzionari, ricercatori o personale specifico addetto al monitoraggio fitosanitario delle foreste hanno provveduto a individuare particelle in cui il pino silvestre evidenziasse un quadro sin-



tomatologico ascrivibile al deperimento. In dettaglio, sono stati individuati popolamenti a dominanza di pino silvestre in cui fossero evidenti alterazioni cromatiche in chioma, disseccamenti settoriali o generalizzati dei microfilli, di rami o branche e presenza di alberi morti in piedi o a terra. La disamina complessiva dello stato di salute dei pini silvestre è stata effettuata dagli operatori adottando modalità differenti a seconda dei casi e dei vincoli tecnico-logistici imposti dalle diverse situazioni, utilizzando i seguenti metodi per il **monitoraggio fitosanitario**:

- Impiego di personale in attiva perlustrazione della particella forestale interessata;
- Impiego di personale dislocato a distanza, che con l'ausilio di binocolo e fotocamere digitali dotate di zoom ottici performanti ha potuto accertare le condizioni del popolamento, anche quando questo non era direttamente accessibile;
- Impiego di personale come da punti precedenti, ma in questo caso dotato di **droni** equipaggiati con videocamera e fotocamera idonee ad effettuare riprese aeree (**figura 44**).

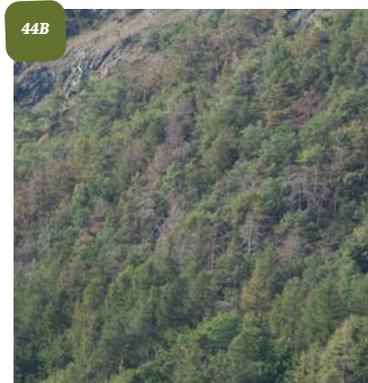
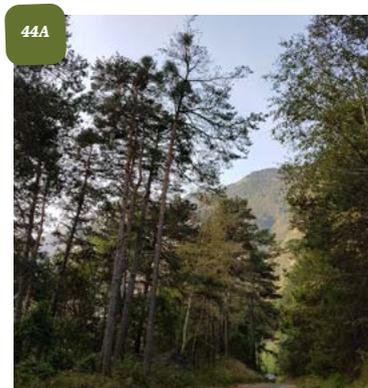


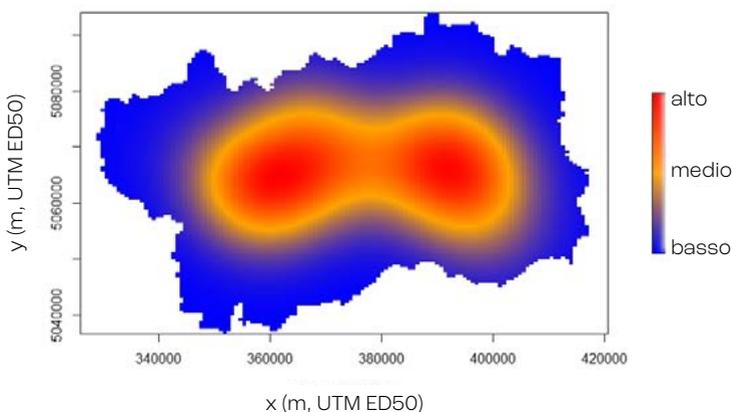
FIGURA 44
TECNICHE PER IL MONITORAGGIO DEL DEPERIMENTO DEL PINO SILVESTRE. ACCERTAMENTO DEL QUADRO SINTOMATOLOGICO IN SITO (A), DA REMOTO (B) E CON DRONI (C).

Le modalità di monitoraggio sopra descritte hanno permesso di condurre valutazioni sullo stato di salute delle pine in tempo reale e in differita analizzando le riprese e il materiale fotografico acquisiti. I siti per i quali sono pervenute segnalazioni di deperimento del pino silvestre sono stati individuati a livello cartografico ed è stata realizzata una **carta tematica** per valutare il livello di concentrazione delle segnalazioni, limitatamente agli areali valdostani. È stato possibile verificare che la concentrazione delle segnalazioni di deperimento è massima lungo la valle principale e presenta due picchi, il più occidentale tra Gressan e Avise, il più orientale tra Saint-Vincent e Nus (**figura 45**).

In alcuni siti si è proceduto ad effettuare il prelievo di campioni costituiti da rami sintomatici di pino silvestre e di strobili femminili, prelevati fino a 3 metri di altezza. I campioni sono stati analizzati in laboratorio avvalendosi di: camere umide per indurre la differenziazione di strutture moltiplicative o riproduttive da parte di eventuali funghi ascomiceti fitopatogeni presenti nei tessuti dell'ospite; saggi di isolamento microbico volti a ottenere colture in vitro di funghi potenzialmente coinvolti nel deperimento;

FIGURA 45
CARTA DEL LIVELLO DI CONCENTRAZIONE DELLE SEGNALAZIONI DI DEPERIMENTO DEL PINO SILVESTRE IN VALLE D'AOSTA. LE COORDINATE RAPPRESENTANO LA LONGITUDINE (X) E LA LATITUDINE (Y) IN METRI, NEL SISTEMA DI RIFERIMENTO UTM ED50.

45



preparati per microscopia ottica allestiti per effettuare la determinazione sistematica delle specie isolate; approfondimenti diagnostici condotti con tecniche molecolari basate sull'estrazione e l'analisi del DNA genomico (es. PCR). I risultati dei diversi approfondimenti diagnostici hanno mostrato che, in circa il **70%** dei casi, i campioni erano positivi alla presenza del fungo ascomicete *Sphaeropsis sapinea*. Un approfondimento su questo patogeno, sui sintomi che questo induce a carico dell'ospite e su possibili strategie di contenimento è riportato nel capitolo successivo.

DISSECCAMENTO DEI GETTI DI PINO DA SPHAEROPSIS SAPINEA

Sphaeropsis sapinea (Fr.) Dyko & Sutton è un fungo che causa un disseccamento dei getti dell'anno in corso di pino silvestre, pino nero e talora anche di abete rosso e altre specie della famiglia Pinaceae. Il fungo tende a essere più **aggressivo nelle zone a clima caldo**, dove può uccidere rami di una certa dimensione. La maggiore virulenza del fungo in queste aree dipende però da alcuni fattori che limitano

la resistenza degli ospiti, come la **siccità**. La malattia ha recentemente fatto la sua comparsa in alcune valli alpine, tra cui la Valle d'Aosta, anche a quote intorno a 1000 m s.l.m., probabilmente sfruttando l'innalzamento delle temperature e fenomeni di stress idrico a carico delle piante. La malattia si manifesta durante la primavera con il **disseccamento dei getti** dell'anno all'apice della chioma (**figura 46**).

FIGURA 46
SINTOMI INIZIALI CAUSATI DA SPHAEROPSIS SAPINEA ALL'APICE DEI GETTI DI PINO.





47



48

FIGURA 47
OPERAZIONI DI DIAGNOSI DI *SPHAEROPSIS SAPINEA* IN CAMPO: OSSERVAZIONI CON LENTE DI INGRANDIMENTO ALLA RICERCA DELLE FRUTTIFICAZIONI DEL FUNGO.

FIGURA 48
DISSECCAMENTO DEI GETTI DI PINO CAUSATO DA *SPHAEROPSIS SAPINEA*. AVISE (AO).

FIGURA 49
PUSTOLE NERE CHE RAPPRESENTANO LE FRUTTIFICAZIONI DI *SPHAEROPSIS SAPINEA* SULLE SCAGLIE DELLO STROBILLO FEMMINILE DI UN PINO SILVESTRE.

L'infezione dei getti inizia precocemente prima della fuoriuscita completa degli aghi e si traduce dapprima nell'apparizione di essudato di resina alla base del getto, poi nell'arrossamento degli aghi infetti che rimangono più corti di quelli verdi. Col passare del tempo gli aghi diventano grigio cenere-bruni e, su di essi, soprattutto alla base, appaiono delle **pustole nere** che rappresentano le fruttificazioni del fungo (**figura 47**). Tali pustole possono comparire anche sulla corteccia dei rametti morti.

I **danni** possono essere ingenti nel caso di infezioni ripetute in più anni consecutivamente e nel caso di evoluzione epidemica. Vi è un rallentamento dell'accrescimento della pianta e in alcuni casi, soprattutto su soggetti giovani, la malattia può essere **letale** (**figura 48**).

Il fungo può essere inoltre causa di azzurramento del legno (blue stain), un'alterazione cromatica grigio-bluastro a carico di fusti abbattuti. Le pustole nere (fruttificazioni del fungo), che generalmente si formano nella primavera dell'anno successivo a quello di infezione, producono **spore** che vengono **diffuse nei periodi** più caldi e **piovosi** da marzo ad ottobre, con un periodo ottimale da aprile a giugno, durante la crescita dei getti. Lo svernamento del fungo avvie-

ne negli aghi a terra o ancora attaccati ai rami, sulla corteccia o sugli strobili. Questi ultimi possono costituire una importante riserva di inoculo, poiché il fungo su di essi riesce a fruttificare notevolmente (**figura 49**). Il fungo può anche sopravvivere, comportandosi da saprofita, su tronchi e rami a terra. Intense grandinate così come elevati tenori di umidità relativa dell'aria possono predisporre le piante all'infezione.

Per quanto riguarda la *difesa*, la rimozione di rami, strobili e altro materiale infetto, anche a terra, potrebbe mitigare la gravità della malattia, ma in

genere si tratta di interventi non fattibili in contesti tipicamente forestali. Se si interviene nelle prime fasi di insediamento del patogeno in foresta con potature finalizzate alla rimozione dei rami colpiti, queste dovrebbero essere svolte in periodi molto asciutti per evitare che le ferite risultanti dalle potature possano infettarsi. Anche se al momento mancano evidenze sperimentali, la *regolazione della densità* dei popolamenti forestali, tramite opportune tecniche selvicolturali, potrebbe *ridurre il rischio* di insorgenza e di diffusione della malattia.

49



RINGRAZIAMENTI

Questo manuale è stato realizzato nell'ambito delle attività del progetto MONGEFITOFOR (Linee Guida per il Monitoraggio e la Gestione delle Emergenze FITOsanitarie nelle FOReste delle Alpi centro-occidentali - ID 540693), finanziato dall'Unione Europea tramite il Programma di Cooperazione Territoriale INTERREG V-A Italia-Svizzera 2014/2020.

Gli Autori desiderano ringraziare Davide Cadario per il supporto nelle attività di campo e Francesca Brescia per l'assistenza prestata presso i Laboratori di Patologia vegetale forestale e di Biotecnologie fitopatologiche forestali del DISAFA e gli Agenti, i Funzionari e il Personale del Corpo Forestale della Valle d'Aosta che ha preso parte alle attività di individuazione dei cantieri pilota.

Un ringraziamento particolare va ai numerosi portatori di interesse che hanno contribuito a sostenere il progetto MONGEFITOFOR.





BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

Auger-Rozenberg M-A.; Barbaro L.; Battisti A.; Blache S.; Charbonnier Y.; et al. 2015. Ecological responses of parasitoids, predators and associated insect communities to the climate-driven expansion of the pine processionary moth. In *Processionary Moths and Climate Change: An Update*. A. Roques. pp. 427. Dordrecht, Neth, Springer.

Battisti A.; De Battisti R.; Faccoli M., Masutti L.; Paolucci P., Stengulc F. 2013. *Lineamenti di zoologia forestale*. Padova University Press, Padova.

Bennetti G. 1995. *Selvicoltura speciale*. Torino: UTET. ISBN 9788802048673

Bennetti G. 2005. *Atlante di selvicoltura. Dizionario illustrato di alberi e foreste*. Bologna: Edagricole. ISBN 9788850646654

Camerano P.; Terzuolo P.G.; Varese P. 2007. *I tipi forestali della Valle d'Aosta*. Arezzo: Compagnia delle Foreste.

Capretti P.; Santini A.; Solheim H. 2013. Branch and tip blights. In: *Infectious forest diseases*, Gonthier P. and Nicolotti G. (eds.). Cab International, Wallingford, UK., pp. 420-435.

Del Favero R. 2004. *I boschi delle regioni alpine italiane*. Padova: CLEUP. ISBN 9788867870820.

Ferracini C.; Saitta V.; Pogoletti C.; Rollet I.; Ventui F.; Dovigo L. 2020. Monitoring and management of the pine processionary moth in the northwestern Italian Alps. *Forests* 11: 1253-1265.

Ferracini C.; Saitta V.; Rondoni V.; Rollet, I. 2023. Variables Affecting the Pine Processionary Moth Flight: A Survey in the North-Western Italian Alps. *Forests* 14(1): 31.

Gonthier P.; Giordano L.; Nicolotti G. 2010. Further observations on sudden diebacks of Scots pine in the European Alps. *The Forestry Chronicle*, 86(1), 110-117.

Lauber K.; Wagner G.; Gygax A. 2001. *Flora Helvetica*. Bern: Haupt Verlag. ISBN 9783258077000.

Masutti L.; Zangheri S. 2001. Entomologia generale e applicata. CEDAM, pp. 978.

Pogolotti C.; Vercelli M.; Fontana E.V.; Ferracini C. 2022. Management strategies to control pine processionary moth outbreaks in North-Western Italian Alps. Book of Abstract of the IUFRO Conference Division 7 – Forest Health Pathology and Entomology Lisbon, 6-9 September 2022, pp. 74.

Pollini A. 2013. Manuale di entomologia applicata. Edagricole, pp. 1462.

Regione Piemonte, Regione Autonoma Valle D'Aosta 2008. Il deperimento del pino silvestre nelle Alpi occidentali: natura e indirizzi di gestione. Arezzo: Compagnia delle Foreste, pp. 128.

Il manuale è stato realizzato nell'ambito del progetto MONGEFITOFOR (Linee Guida per il MONitoraggio e la Gestione delle Emergenze FITOsanitarie nelle FOReste delle Alpi centro-occidentali - ID 540693), finanziato dall'Unione Europea tramite il Programma di Cooperazione Territoriale INTERREG V-A Italia-Svizzera 2014/2020.

Interreg

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

ITALIA SVIZZERA - ITALIE SUISSE - ITALIEN SCHWEIZ



UNIONE EUROPEA



MONGEFITOFOR

Région Autonome
Vallée d'Aoste



Regione Autonoma
Valle d'Aosta

