



I MANUALI MONGEFITOFOR

**MONITORAGGIO
E GESTIONE DEL
DEPERIMENTO DEL
FRASSINO
NELLE AREE ALPINE
TRANSFRONTALIERE**

**GUGLIELMO LIONE, LUCA DOVIGO, CHIARA FERRACINI, ROBERTO MARTINIS,
SILVIA ONGARO, MARTINA PELLICCIARO, SIMONA PRENCIPE, SIMONE PROSPERO,
ANDREA RETTORI, IVAN ROLLET E PAOLO GONTHIER**

MONITORAGGIO E GESTIONE DI ALCUNE AVVERSITÀ FITOPATOLOGICHE DEL CASTAGNO NELLE AREE ALPINE TRANSFRONTALIERE

Collana: "I manuali MONGEFITOFOR"

Autori

Guglielmo Lione ⁽⁴⁾, Luca Dovigo ⁽²⁾, Chiara Ferracini ⁽¹⁾,
Roberto Martinis ⁽³⁾, Silvia Ongaro ⁽²⁾,
Martina Pellicciaio ⁽¹⁾, Simona Prencipe ⁽¹⁾, Simone Prospero ⁽⁴⁾,
Andrea Rettoni ⁽³⁾, Ivan Rollet ⁽²⁾, Paolo Gonthier ⁽¹⁾

Coordinamento scientifico

Paolo Gonthier ⁽¹⁾, Chiara Ferracini ⁽¹⁾, Simone Prospero ⁽⁴⁾,
Guglielmo Lione ⁽¹⁾

⁽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⁾ Studio Associato Planta, Via Chiesa 19, 10090 Rosta (TO), Italia.

⁽⁴⁾ Istituto Federale di Ricerca per la Foresta, la Neve e il Paesaggio (WSL), Zürcherstrasse 111, 8903 Birmensdorf, Svizzera.

Forma raccomandata per la citazione:

Lione G., Dovigo L., Ferracini C., Martinis R., Ongaro S., Pellicciaio M., Prencipe S., Prospero S., Rettoni A., Rollet I., Gonthier P. (2023). Monitoraggio e gestione del deperimento del frassino nelle aree alpine transfrontaliere. Collana: "I manuali MONGEFITOFOR". Regione Autonoma Valle d'Aosta. ISBN 9791280561176

INDICE

3	Prefazione
4	Il Progetto MONGEFITOFOR
4	Il frassino maggiore: inquadramento generale della specie
9	Sinecologia e caratterizzazione delle formazioni forestali con frassino
16	Funzioni e servizi ecosistemici dei popolamenti con frassino
17	Aspetti selvicolturali e gestionali
19	Il deperimento del frassino associato a <i>Hymenoscyphus fraxineus</i>
34	Il monitoraggio del deperimento del frassino
38	Inquadramento della sintomatologia associata al deperimento del frassino
42	Incidenza, gravità e distribuzione del deperimento del frassino
46	Presenza, capacità di sporulazione e distribuzione spaziale di <i>Hymenoscyphus fraxineus</i>
54	Altre avversità riscontrate su frassino
56	Interventi selvicolturali e fitosanitari per la gestione dei popolamenti con frassino deperiente
63	Esempi applicativi: i cantieri pilota MONGEFITOFOR
72	Conclusioni e prospettive
75	Ringraziamenti
76	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 il l'Istituto Federale di Ricerca sulla Neve, le Foreste, il Paesaggio (WSL) di Birmensdorf - Zurigo a cooperare a un ambizioso progetto denominato MON-GEFITOFOR (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 il deperimento del frassino. Questo manuale presenta i risultati del monitoraggio fitosanitario volto ad indagare le cause del deperimento del frassino, a quantificarne l'impatto e a 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 frassino 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 annovera il **deperimento del frassino** causato dal **fungo patogeno *Hymenoscyphus fraxineus***, una criticità a cui è dedicato questo **manuale di campo tecnico-scientifico**, che vuole essere di supporto non solo ai proprietari, gestori e amministratori delle risorse 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, avviatosi 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://instagnam.com/mongefitofor?igshid=1f0k8nykdbkwl>

YOUTUBE

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

IL FRASSINO MAGGIORE: INQUADRAMENTO GENERALE DELLA SPECIE

Il frassino maggiore (*Fraxinus excelsior* L.) (figura 1), di seguito indicato semplicemente come frassino, è una specie arborea di interesse forestale per gli areali transfrontalieri italo-svizzeri, ma che trova anche interessanti applicazioni in arboricoltura da legno, o come specie ornamentale in contesti urbani o comunque antropizzati. Albero che può raggiungere i 40 m di altezza e superare il metro di diametro, è tenden-

FIGURA1

FRASSINO MAGGIORE (*FRAXINUS EXCELSIOR*). FRASSINO ADULTO E VIGOROSO CRESCIUTO IN UNA FORMAZIONE PRATIVA, NELLA FASCIA BASSO-MONTANA NEI PRESSI DEL COMUNE DI COURMAYEUR (AO). LA PRESENZA DI PIÙ FUSTI PRINCIPALI CODOMINANTI INDICA UNA PREGRESSA CEDUAZIONE.



zialmente longevo e dotato di **capacità pollonifera** caulinare e radicale. Questa caratteristica rende il frassino una specie idonea al **governo ceduo** o a **fustaia**. Nei piani collinari e basso-montano delle Alpi, il frassino è una **specie** generalmente sporadica o **accessoria**, che partecipa alla costituzione di diverse formazioni forestali a composizione mista. Tuttavia, localmente e in condizioni particolarmente favorevoli, il frassino può costituire boschi misti in cui raggiunge coperture anche superiori al 50-75% e in queste situazioni si può riscontrare la sua presenza anche in nuclei consistenti a composizione pressoché monospecifica. Il seme del frassino è caratterizzato da un lungo periodo di **dormienza** e si stima che possano essere necessari anche due anni dalla maturazione perché questo germi in condizioni naturali.

A livello autoecologico, il frassino è annoverato come una specie che mal tollera prolungati periodi di **siccità**, nei confronti dei quali manifesterebbe stati di sofferenza più accentuati rispetto ad altre latifoglie ad esso associate. La ricerca di suoli ad elevato contenuto idrico rende il frassino una specie particolarmente idonea a colonizzare habitat ripariali, di forra o golenali. In riferimento alle condizioni pe-

dologiche, il frassino si adatta tanto a suoli planiziali, quanto a suoli di versante, essendo la specie diffusa in distretti molto diversi sotto il profilo geomorfologico (es. Alpi, Pianura Padana). Tuttavia, il frassino predilige **suoli fertili** e tendenzialmente rifugge da suoli a reazione acida, nei confronti dei quali manifesta una ridotta adattabilità. La specie si adatta bene non solo ai suoli tipici degli ambienti forestali, ma anche a quelli presenti in contesti agrari. In ragione di questa adattabilità, il frassino è frequentemente riportato come una delle specie che più facilmente possono colonizzare ex-coltivi o aree marginali antropizzate, costituendo i cosiddetti **frassinetti d'invasione**. Il temperamento del frassino nei confronti delle necessità di luce è mesofilo, anche se sono riportate alcune distinzioni in funzione dell'età dell'albero. Infatti, la **tolleranza all'ombreggiamento** è decisamente più marcata per frassini in rinnovazione e per piante giovani, mentre gli individui adulti tendono ad essere contraddistinti da una più spiccata eliofilia e da una minore capacità di tollerare la concorrenza esercitata da altre piante dominanti o codominanti. In relazione al clima, il frassino resiste bene alle basse temperature, specialmente durante

il periodo di riposo vegetativo, ma teme le *gelate tardive*, che possono causare la morte dei giovani getti in formazione o dei *semenzali*, specialmente se temperature al di sotto dei -3°C si protraggono per oltre

18 ore consecutive. Le esigenze *autoecologiche* del frassino possono essere riassunte mediante una serie di indici quantitativi, che ne delincono le caratteristiche salienti (**tabella 1**).

TABELLA 1

Descrizione sintetica dell'autoecologia del frassino. Per ciascun fattore ambientale è riportato il corrispondente indice di Landolt (da 1 a 5, valori estrapolati da Lauber e Wagner, 2001) con relativa descrizione. L'asterisco accanto al punteggio numerico indica la tolleranza della specie a variazioni del fattore considerato.

Fattore ambientale	Indice	Descrizione
Esigenze idriche	3*	Necessita di suoli mediamente umidi, ma tollera variazioni importanti anche superiori a 2 punti della scala di Landolt
Reazione del suolo (pH)	4	Predilige suoli con pH da neutro a subalcalino o basico (5.5-8.5)
Esigenze di nutrienti	3	Vegeta su suoli dotati di un apporto di nutrienti intermedio tra gli estremi rappresentati da specie pioniere e specie nitrofile
Luce	3	Non è specie sciafila, né spiccatamente eliofila e si adatta pertanto a condizioni di luminosità intermedie
Temperatura	3*	Cresce preferibilmente in stazioni con temperature tipiche dei piani collinare superiore e montano inferiore, ma si adatta anche a importanti variazioni di temperatura
Continentalità	3	Si adatta a climi da moderatamente subcontinentali a subatlantici

SINECOLOGIA E CARATTERIZZAZIONE DELLE FORMAZIONI FORESTALI CON FRASSINO

Dato il carattere accessorio o sporadico della specie e le sue caratteristiche autoecologiche, il frassino può partecipare a diversi consorzi floristico-vegetazionali ed evidenzia una sinecologia piuttosto articolata, contraddistinta da una elevata *variabilità* geografica. A livello di inquadramento tipologico, il frassino partecipa prevalentemente a *popolamenti plurispecifici* classificabili come *acero-tiglio-frassineti*, *acero-frassineti*, più raramente a formazioni pure ascrivibili ai *frassineti*, sebbene la specie sia presente anche in numerosi altri contesti forestali dove colonizza habitat diversi associandosi prevalentemente con latifoglie (es. aceri, tigli, ontani, carpini, castagni, olmi, ciliegio, nocciolo), ma anche con conifere (es. larice, pino). Negli areali transfrontalieri italo-svizzeri, alcune tra le tipologie forestali che più ricorrentemente ospitano il frassino sono:

- Acero-tiglio-frassineti di invasione o di forra;
- Alneti di ontano nero o ontano bianco;
- Tiglieti;

- Corileti di invasione;
- Castagneti;
- Pinete di pino silvestre;
- Lariceti.

Questa elevata variabilità sinecologica si ripercuote anche sulle tendenze evolutive dei popolamenti, le cui dinamiche possono essere diverse in funzione delle condizioni ambientali e colturali. In alcuni casi, per i soprammenzionati tipi forestali sono state identificate delle varianti con frassino, o a frassino, in cui la copertura della specie considerata varia tra il 25 ed il 50%, nel primo caso, e supera il 75%, nel secondo.

FUNZIONI E SERVIZI ECOSISTEMICI DEI POPOLAMENTI CON FRASSINO

La variabilità delle formazioni forestali in cui il frassino è presente implica che, virtualmente, la specie è in grado di estrinsecare una vasta gamma di *funzioni* ed erogare diversi *servizi ecosistemici*, tra cui:

- Produzione di *assortimenti legnosi*;
- Produzione di prodotti secondari destinati a mercati di nicchia;
- *Protezione idrogeologica* e consolidamento dei versanti;
- Erogazione di servizi legati

alla funzione ecologico-ambientale (es. supporto alla **bio-diversità**, 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.

In quale misura il frassino ottemperi a soddisfare le diverse funzioni e ad erogare i relativi servizi ecosistemici dipende dal tipo forestale in cui è inserito, dal governo (**ceduo** o **fustaia**) e dal contesto. Il frassino è annoverato tra le cosiddette **latifoglie nobili** in considerazione delle pregevoli caratteristiche estetiche e fisico-meccaniche del legno. Dal frassino è possibile ritrarre assortimenti di pregio per la realizzazione di **mobili** e in particolare per ottenere **toppi da trancia**, o anche assortimenti destinati a lavorazioni particolari per mercati di nicchia. Ad esempio, il legno di frassino trova impiego nella realizzazione di manici per attrezzi, remi, alberi per barche, bastoni da hockey ed è anche apprezzato in **ebanisteria**. La legna da ardere derivante dal ceduo è inoltre di buona qualità. Le produzioni non legnose includono il prelievo di foglie, corteccia e frutti per la prepa-

razione di **prodotti fitoterapici** o altri preparati erboristici, mentre l'uso tradizionale della frasca per l'alimentazione del bestiame è oramai marginale. La morfologia dell'apparato radicale rende il frassino specie preziosa per il **consolidamento di versante**, grazie alla presenza di un fittone e di abbondanti radici laterali verticali che esplorano il suolo in profondità (**figura 2**). Inoltre, la chioma ed il fusto, intercettando le precipitazioni piovose, contribuiscono al regolare deflusso delle acque contribuendo a prevenire fenomeni erosivi.

Il frassino è inoltre una specie chiave di alcuni **boschi di neoformazione** (**figura 3**), che si insediano e colonizzano ex coltivi, terrazzamenti e aree prative o pascolive nelle quali non è più praticata una gestione attiva, prevalentemente a seguito dell'abbandono del territorio, dello spopolamento della fascia pedemontana e montana, della contrazione di attività agricole e zootecniche tradizionali. I boschi di neoformazione contribuiscono alla riforestazione spontanea del territorio, amplificando la capacità di sistemi forestali di erogare le funzioni ecologiche ed ambientali che li contraddistinguono. Il frassino non solo partecipa alla costituzione di **reti ecologiche**

2

**FIGURA 2**

FRASSINI PRESENTI SU SCARPATA ACCLIVE IN PROSSIMITÀ DI UN TORRENTE. IN QUESTO CONTESTO, IL FRASSINO SVOLGE UNA IMPORTANTE FUNZIONE DI CONSOLIDAMENTO DEL VERSANTE E DI PROTEZIONE DELLA SPONDA.

FIGURA 3

BOSCHI DI NEOFORMAZIONE CON PRESENZA DI FRASSINO IN PROCINTO DI INSEDIARSI E COLONIZZARE I MARGINI DI UN'AREA PRATIVA IN STATO DI PROGRESSIVO ABBANDONO.

3



ed *habitat* che favoriscono la biodiversità animale, vegetale e microbica, ma costituisce un substrato favorevole

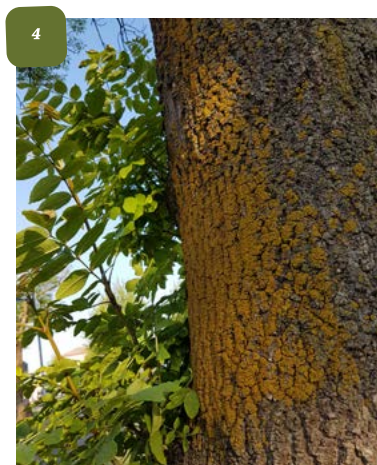
alla colonizzazione da parte di svariati organismi e microrganismi, tra cui funghi e licheni (**box 2**).

BOX 2

I frassini come serbatoi di biodiversità

I frassini presenti negli areali transfrontalieri italo-svizzeri costituiscono una risorsa la cui salvaguardia è fondamentale per mantenere e migliorare i livelli di biodiversità degli ecosistemi forestali. Promuovere la biodiversità è una priorità della gestione forestale e non solo, la cui importanza è riconosciuta a livello internazionale. La resilienza degli ecosistemi nei confronti di avversità, criticità e disturbi, siano essi naturali o antropici, può essere infatti incrementata preservandone la biodiversità. Le formazioni forestali in cui il frassino è presente sono habitat che ospitano una variegata congerie di organismi e microrganismi, che instaurano una complessa rete di interazioni ecologiche. Recenti studi hanno evidenziato che, proprio negli areali interessati dal progetto MONGEFITOFOR, i frassini rappresentano un importante serbatoio di biodiversità. Ad esempio, la corteccia del frassino è in grado di ospitare una vasta gamma di specie di licheni, organismi nei quali si instaura una simbiosi mutualistica che coinvolge funghi ed alghe (**figura 4**). Alcune delle specie licheniche individuate su frassino nelle Alpi nordoccidentali sono rare ed incluse in apposite liste di protezione. Salvaguardare il frassino è pertanto un imperativo per tutelare altre specie più o meno rare e mantenere l'efficienza strutturale e funzionale degli ecosistemi forestali.

FIGURA 4
FRASSINI SUPPORTANO LA BIODIVERSITÀ DEGLI ECOSISTEMI FORESTALI. LA CORTECCIA DEL FRASSINO RIPRESA NELL'IMMAGINE È COLONIZZATA DA LICHENI, PARTICOLARI ORGANISMI NEI QUALI ALGHE E FUNGHI COESISTONO INSTAURANDO UNA SIMBIOSI MUTUALISTICA.



ASPETTI SELVICOLTURALI E GESTIONALI

Ad esclusione delle piantagioni da legno specializzate, che tuttavia negli areali transfrontalieri italo-svizzeri o sono assenti o non rappresentano una realtà significativa, la selvicoltura del frassino è fortemente condizionata dalla **variabilità** sinecologica e strutturale delle formazioni forestali in cui la specie è presente. Date le sue valenze ecologiche ed ambientali, in linea generale si tende a **favorire il frassino**, anche in quanto latifolia nobile. In particolare, quando possibile, si cerca di agevolare il frassino guidando i processi dinamici di successione verso una **composizione plurispecifica** in equilibrio con le caratteristiche ambientali della stazione, seguendo prevalentemente i canoni della **selvicoltura naturalistica** o della **selvicoltura sistemica**. Per il frassino si tende quindi a prediligere il governo a **fustaia** rispetto al ceduo, anche se non è da escludere il ricorso al ceduo composto con turni di 80 o 100 anni e il mantenimento delle matricine per uno, due o anche tre turni. In condizioni di fertilità adeguata, il frassino è una specie idonea ad arricchire boschi cedui dominati da altre latifoglie. In

popolamenti in cui il frassino è già presente sono indicati **diradamenti** puntuali, intervallati a cadenza di 5-10 anni, per favorire gli individui che per portamento, capacità di accrescimento e vigore vegetativo sembrano più promettenti, adattando il numero, l'intensità e la frequenza dei diradamenti alla situazione rilevata *in situ*. Qualora il frassino rivesta anche una valenza produttiva, gli assortimenti legnosi andrebbero ritratti da alberi di circa 70 anni di età, in quanto alberi senescenti potrebbero presentare caratteristiche tecnologiche del legno non ottimali (es. comparsa di difetti quali il "cuore nero"). **Diradamenti selettivi** e **tagli di rinnovazione**, applicati su fustaie miste ascrivibili al tipo forestale dell'acero-frassineto, hanno fornito risultati promettenti in contesti non troppo dissimili a quelli propri degli areali transfrontalieri italo-svizzeri, risultando propizi alla rinnovazione naturale del frassino. Nella pratica, tuttavia, la ceduzione e la libera evoluzione dei popolamenti in assenza di una pianificazione selvicolturale rappresentano realtà consolidate in contesti marginali, in cui prevale la gestione tradizionale, consolidata dagli usi locali, anche in conseguenza di un'elevata frammentazione fondiaria.

Le indicazioni selvicolturali riportate in questo capitolo si intendono valide per popolamenti in cui il frassino non manifesti evidenti alterazioni ascrivibili a criticità di carattere fitosanitario. In presenza di tali criticità è infatti opportuno integrare le buone pratiche selvicolturali con appositi interventi che tengano conto della presenza e dell'impatto di malattie causate da funghi o da altri agenti biotici ed abiotici, nonché di danneggiamenti provocati da insetti fitofagi. Il progetto MONGEFITOFOR, monitorando ed indagando le criticità fitosanitarie del frassino 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**.

IL DEPERIMENTO DEL FRASSINO ASSOCIATO A HYMENOSCYPHUS FRAXINEUS

Il **deperimento** di una specie di interesse forestale è un fenomeno complesso, che determina a carico dell'albero uno stato complessivo di perdita

di vigore vegetativo, spesso accompagnato da un **quadro sintomatologico** compromesso, il cui decorso può evolvere fino a determinare elevati tassi di **mortalità**. Il deperimento può dipendere da diversi fattori, abiotici e biotici, che includono principalmente agenti di malattia, ma anche disturbi naturali o cause di danneggiamento (es. incendi, grandine, tempeste di vento, cambiamenti climatici, insetti fitofagi). Il ruolo delle **malattie infettive** nei deperimenti forestali può essere determinante. Nel caso delle specie forestali, i principali agenti di malattia (**patogeni**) sono rappresentati da **funghi**, cromisti, batteri, fitoplasmii, virus e piante parassite. Sebbene con modalità diverse, i patogeni possono infettare alberi sani causando vere e proprie epidemie. Le infezioni possono avvenire localmente, interessando individui di specie suscettibili presenti in una data formazione forestale, oppure interessare areali più vasti, a livello di comprensorio forestale o a scala regionale, nazionale, continentale o intercontinentale.

Tra le malattie infettive che colpiscono i frassini, la più rilevante è il deperimento causato dal **fungo** ascomicete **Hymenoscyphus fraxineus** (T. Kowalski) Baral, Queloz,

Hosoya, comb. nov. (precedentemente noto anche come *Chalara fraxinea* o *H. pseudoalbidus*). In Europa, le prime segnalazioni del **deperimento del frassino** risalgono all'inizio degli anni 1990', quando in alcune foreste della Polonia si verificarono estese morie tanto a carico di alberi maturi, quanto di alberi giovani. Si ritiene che il fungo sia stato introdotto in Europa dall'Asia orientale, dove però non determina particolari danni a carico delle specie di frassino presenti localmente (*Fraxinus mandshurica* e *F. chinensis*). A partire dai primi anni 2000', il patogeno si è ampiamente e rapidamente diffuso occupando gran parte dell'areale di distribuzione del frassino nel continente europeo. Ad esempio, tra il 1992 ed il 2012, *H. fraxineus* è stato segnalato in almeno 26 stati diversi. L'introduzione in nuovi areali e l'espansione rapida del patogeno può essere dipesa da una serie di fattori, quali: la movimentazione di piantine o altro **materiale vivaistico infetto** e di legname, nonché dalla naturale modalità di diffusione del patogeno tramite spore. A livello europeo, l'**impatto ecologico** e i **danni economici** causati da *H. fraxineus* sono stati estremamente rilevanti ed ingenti, tanto che in determinati areali si è persino temuto che



potesse verificarsi un'estinzione localizzata del frassino. Ad esempio, si stima che in Lituania la superficie forestale occupata dal frassino sia scesa da 53000 a 38000 ha tra il 2001 e il 2009, mentre in Danimarca, a seguito degli effetti della malattia, non sono più stati effettuati nuovi impianti di frassino. Alcuni studi hanno riportato picchi di mortalità fino al 70% in foresta e fino a 85% in impianto, ragione per la quale la **conservazione della specie** è diventata una priorità delle **politiche di pianificazione e di gestione forestale** a livello internazionale.

In Italia il deperimento del frassino associato a *H. fraxineus* è stato osservato per la prima volta nel 2009, in Friuli-Venezia-Giulia. In seguito, la malattia si è rapidamente diffusa in gran parte delle regioni dell'Italia settentrionale e centrale. In particolare, nel 2016 è stata diagnosticata la presenza di *H. fraxineus* in Piemonte, presso il parco La Mandria (Torino) ed è stato pertanto possibile stimare che la velocità di diffusione del patogeno in Italia sia pari a circa 70 km/anno. In Svizzera è stata riscontrata una situazione analoga. Infatti, a partire dalla prima segnalazione del 2008 nella regione di Basilea, il patogeno si è diffuso giungendo nel 2015 a colonizza-

re virtualmente tutto l'areale di distribuzione del frassino nel territorio elvetico. Prima dell'avvio del progetto MON-GEFITOFOR non era invece noto se *H. fraxineus* fosse presente negli areali transfrontalieri delle Alpi occidentali e centrali, specialmente sul versante italiano. Infatti, in Valle d'Aosta, non era ancora stata intrapresa una campagna sistematica per il monitoraggio fitosanitario del frassino, che è stata per l'appunto una delle attività qualificanti di questo progetto.

Il ciclo biologico di *H. fraxineus* si svolge prevalentemente sulle foglie e sui rachidi fogliari dell'ospite. In funzione delle condizioni climatiche, il patogeno differenzia delle strutture riproduttive tipiche di alcuni funghi ascomiceti, chiamate **apoteci** (box 3).

BOX 03

Gli apoteci di *Hymenoscyphus fraxineus*: così piccoli, così importanti!

Gli apoteci sono tra le strutture prodotte da funghi ascomiceti in cui le spore vengono differenziate e maturano e da cui sono successivamente liberate. Nel caso di *Hymenoscyphus fraxineus*, gli apoteci appaiono come delle minuscole coppette biancastre, con un ricettacolo di forma approssimativamente circolare sorretto da un peduncolo che si erige esternamente al substrato di crescita. Le dimensioni degli apoteci sono molto ridotte e, ancorché visibili ad occhio nudo, spesso occorre l'ausilio di una lente di ingrandimento per poterne osservare le caratteristiche morfologiche. Il diametro del ricettacolo va infatti da 1 a 5 mm, ma in certe condizioni può superare anche 8 mm. Tuttavia, specialmente se l'apotecio non è di recente formazione o è disidratato, le sue dimensioni possono contrarsi ben al di sotto del millimetro di diametro e anche la colorazione può apparire più scura. Lo spessore del ricettacolo va da 0,3 a 0,7 mm circa ed è più sottile in prossimità dei margini. Il peduncolo presenta una lunghezza che può arrivare anche a 2 mm e uno spessore submillimetrico, che aumenta in prossimità del ricettacolo. Gli apoteci di *H. fraxineus* si formano a livello della lettiera, sui rachidi e sui piccoli fogliari caduti a terra al termine della stagione vegetativa dell'anno precedente (figura 5). Gli apotecci sono differenziati prevalentemente durante i mesi estivi, più raramente già nella tarda primavera, e persistono generalmente fino alla fine di settembre. Su un singolo rachide possono formarsi alcune decine o centinaia di apotecci, a seconda dei casi. Gli apotecci rilasciano le spore mature del patogeno, fondamentali per consentire i processi di infezione e l'insorgenza della malattia.



FIGURA 5
APOTECI DIFFERENZIATI DA HYMENOSCYPHUS FRAXINEUS SU RACHIDE FOLIARE PRESENTE A LIVELLO DELLA LETTIERA. IL RACHIDE RISALE ALLA STAGIONE VEGETATIVA PRECEDENTE, COME SI NOTA DALLO STATO DI ALTERAZIONE DEI TESSUTI. LA SCALA DELL'IMMAGINE EVIDENZIA LE DIMENSIONI RIDOTTE DEGLI APOTECI.

Il **ciclo biologico** del patogeno può essere esemplificato proprio a partire dalla formazione degli apoteci. Gli apoteci permettono la formazione, maturazione e la liberazione delle **spore** del patogeno, che sono veicolate tramite l'aria e svolgono un **ruolo infettivo** ed epidemiologico estremamente rilevante. Le spore rappresentano il principale mezzo attraverso il quale alberi sani contraggono la malattia e tramite le quali il patogeno può diffondersi. La produzione ed il rilascio delle spore si concentrano generalmente durante il periodo estivo/autunnale, con un picco della pressione di inoculo compreso tra la metà del mese di luglio e la prima metà del mese di agosto. Le **spore** di *H. fraxineus* **non sono visibili** ad occhio nudo, in quanto unicellulari e ialine, con delle dimensioni medie di pochi millesimi di millimetro (16-21 x 4-4,5 µm). Le spore sono **aerodisperse** e sono quindi veicolate dal **vento**, che consente loro di depositarsi sui tessuti dell'ospite. Una volta raggiunta la superficie delle foglie, il patogeno penetra nei tessuti attraverso gli stomi. Lo sviluppo delle ife nei tessuti fogliari consente al fungo di **assorbire i nutrienti** di cui necessita e questo comporta una progressiva **morte delle cellule e dei tessuti** fogliari, tec-

nicamente chiamata **necrosi**. L'infezione può interessare i piccioli e i rachidi fogliari, determinando anche in questo caso lo sviluppo di aree necrotiche. Le foglie, col progredire della colonizzazione dei tessuti da parte del fungo, vanno incontro ad un progressivo disseccamento e alla caduta anticipata. Il micelio del fungo può colonizzare anche i tessuti vivi presenti a livello sottocorticale nei fusti e nei rami, in particolare il cambio. Quando questo si verifica, i tessuti colonizzati tendono anch'essi ad andare incontro a necrosi e si possono successivamente osservare spaccature longitudinali della corteccia (**cancrì**), associate a disseccamenti di rami, e alterazioni di colore a livello dei fusti. Necrosi corticali possono insorgere alla base del fusto ed essere successivamente colonizzate da agenti di carie o marciume radicale (es. *Armillaria* spp.), prefigurando possibili rischi futuri per la stabilità dell'albero. Il progressivo disseccamento della chioma procede dalle porzioni distali verso l'interno, fenomeno noto con il termine anglosassone **dieback**. Dopo la caduta delle foglie, su queste *H. fraxineus* produce delle strutture di resistenza (placche pseudoscleroziali) che consentono al fungo di mantenersi vitale, proteggendo

dolo dalla disidratazione. Sulla sommità di queste strutture, l'anno successivo, si completa il ciclo biologico del patogeno con la differenziazione dei nuovi apoteci e la produzione di spore che permetteranno il verificarsi di nuove infezioni. Il ciclo biologico semplificato di *H. fraxineus* è riportato in (figura 6).

FIGURA 6

SCHEMATIZZAZIONE DEL CICLO BIOLOGICO DI *HYMENOSCYPHUS FRAXINEUS*: DIFFERENZIAZIONE DEGLI APOTECI SUI RACHIDI FOGLIARI DELL'ANNO PRECEDENTE (1) E RILASCIO DELLE SPORE (2). LE SPORE DIFFUSE DAL VENTO, UNA VOLTA DEPOSITATESI SULLA SUPERFICIE FOGLIARE, GERMINANO ED AVVIANO IL PROCESSO INFETTIVO A CARICO DEI TESSUTI FOGLIARI (3). GRADUALMENTE LA CHIOMA DISSECCA (DIEBACK) (4) E IL PATOGENO PUÒ COLONIZZARE ANCHE I RAMI, SU CUI DETERMINA L'INSORGENZA DI NECROSI DEL CAMBIO E CANCRI (4). A SEGUITO DELLA CADUTA DELLE FOGLIE (5), SUI RACHIDI FOGLIARI ACCUMULATI A LIVELLO DELLA LETTIERA (6), *H. FRAXINEUS* PRODUCE DELLE PLACCHE PSEUDOSCLEROZIALI CHE CONSENTONO AL FUNGO DI MANTENERSI VITALE E, NELL'ANNO SUCCESSIVO, COMPLETARE IL CICLO BIOLOGICO CON LA DIFFERENZIAZIONE DEI NUOVI APOTECI.



IL MONITORAGGIO DEL DEPERIMENTO DEL FRASSINO

Nel corso del progetto MON-GEFITOFOR è stata condotta una campagna sistematica di **monitoraggio fitosanitario** del frassino attraverso una serie di **rilevi in foresta**, accompagnati dal prelievo di **campioni biologici** e dalla loro successiva **analisi in laboratorio**. In riferimento al deperimento del frassino, si è proceduto in particolare a:

- Operare una valutazione qualitativa e quantitativa del **quadro sintomatologico** evidenziato dal frassino in popolamenti rappresentativi degli areali transfrontalieri italo-svizzeri;
- **Diagnosticare** la presenza, stimare l'incidenza e determinare la distribuzione spaziale di *H. fraxineus*, saggiandone anche la capacità di sporulazione;
- Accertare l'eventuale sussistenza di altre problematiche di carattere fitosanitario.

Al fine di selezionare i siti nei quali effettuare il monitoraggio, è stata condotta una caratterizzazione preliminare delle formazioni forestali con frassino sulla base del censimento dei tipi forestali e dei dati in possesso del Corpo Forestale della Valle d'Aosta. Il monitoraggio è stato effettua-

to negli areali valdostani, in quanto per quelli elvetici presenza e diffusione di *H. fraxineus* erano già in gran parte note. Ulteriori operazioni di selezione sono state condotte adottando una serie di criteri atti a coniugare esigenze tecnico-scientifiche con aspetti logistici ed amministrativi, privilegiando siti:

- dislocati in tutto nell'areale di diffusione naturale del frassino in Valle d'Aosta, in senso latitudinale e longitudinale;
- collocati a quote rappresentative dei piani altitudinali in cui il frassino vegeta nella regione;
- bilanciati nei confronti dell'esposizione di versante;
- versanti con pendenze diverse;
- accessibili in quanto serviti da viabilità;
- preferibilmente di proprietà pubblica o consortile.

Il monitoraggio relativo alla presenza del deperimento del frassino nel territorio valdostano è stato condotto nell'arco di due anni (2020-2021), effettuando le analisi di campo nei mesi estivi, da fine luglio ad inizio settembre. Nei 20 siti selezionati (**figura 7**) si è proceduto ad effettuare una carat-

terizzazione volta ad acquisire variabili dendrometriche e di rilevanza fitopatologica (figura 8). In particolare, è stata

effettuata un'analisi visiva del quadro sintomatologico potenzialmente associato al deperimento causato da *H. fraxineus*.



FIGURA 7
CARTA DEI SITI IN CUI È STATO CONDOTTO IL MONITORAGGIO FITOSANITARIO SU FRASSINO NEL CORSO DEL PROGETTO MONGEFITOFOR. NELLA CARTA I SITI SONO EVIDENZIATI IN ROSSO. SULLO SFONDO, IMMAGINE SATELLITARE DEGLI AREALI TRANSFRONTALIERI ITALO-SVIZZERI INTERESSATI DAL PROGETTO (FONTE: GOOGLE MAPS, 2023).

FIGURA 8
ACQUISIZIONE DELLE VARIABILI UTILI PER LA CARATTERIZZAZIONE DENDROMETRICA E LA VALUTAZIONE DELLO STATO DI SALUTE COMPLESSIVO DEL FRASSINO. NELL'IMMAGINE, L'OPERATORE PROCEDE VALUTANDO L'ALTEZZA DELL'ALBERO E QUANTIFICANDO LA GRAVITÀ DEI SINTOMI IN CHIOMA POTENZIALMENTE ASSOCIATI AL DEPERIMENTO CAUSATO DA *HYMENOSCYPHUS FRAXINEUS*.

Nel corso dei sopralluoghi è stato effettuato il prelievo di campioni biologici da tessuti fogliari e/o legnosi in vegetazione, o dalla lettiera, in quest'ultimo caso verificando sui rachidi fogliari dell'anno precedente la presenza di apoteci riconducibili a *H. fraxineus* (figura 9). È stata inoltre effettuata una stima della presenza e dell'abbondanza di spore aerodisperse del patogeno, avvalendosi di appositi **campionatori volumetrici** dislocati in alcuni siti specifici precedentemente individuati

(figura 10). I campioni sono stati successivamente trasferiti presso i **Laboratori di Patologia vegetale forestale e di Biotecnologie fitopatologiche forestali** del Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Forestali (DISAFA) dell'Università di Torino, dove sono stati analizzati avvalendosi di **tecniche diagnostiche microbiologiche e molecolari**. Le analisi hanno permesso di verificare la presenza di *H. fraxineus*, di quantificarne l'incidenza e di saggiarne la capacità di sporulazione (box 4).



FIGURA 9

RELIEVO DI CAMPIONI BIOLOGICI IN FORESTA. IL PRELIEVO È STATO CONDOTTO ASPORTANDO TESSUTI FOGLIARI E/O LEGNOSI DA FRASINI IN VEGETAZIONE (A), O ISPEZIONANDO LA LETTIERA IN CERCA DI RACHIDI FOGLIARI DELL'ANNO PRECEDENTE CON PRESENZA DI APOTECI MORFOLOGICAMENTE RICONDUCEBILI A *HYMENOSCYPHUS FRAXINEUS* (B).

FIGURA 10

ALLESTIMENTO DEI CAMPIONATORI VOLUMETRICI PER IL MONITORAGGIO DELLE SPORE AERODISPERSE DI *HYMENOSCYPHUS FRAXINEUS* (A) E IMMAGINE DI DETTAGLIO DEL CAMPIONATORE (B). ALIMENTATO DA PANNELLI SOLARI E ACCOPPIATO AD UNA CENTRALINA TERMOPLUVIOMETRICA E ANEMOMETRICA, IL CAMPIONATORE ASPIRA L'ARIA A INTERVALLI REGOLARI, CATTURANDO LE SPORE DEL PATOGENO EVENTUALMENTE PRESENTI, CHE ADEIRISCONO A UN NASTRO ROTANTE CHE VIENE PERIODICAMENTE SOSTITUITO E ANALIZZATO IN LABORATORIO.

10A



10B



BOX 4

La diagnosi di *Hymenoscyphus fraxineus* in laboratorio

Hymenoscyphus fraxineus è un fungo ascomicete e come tale è un microrganismo la cui diagnosi non può essere condotta semplicemente in foresta con metodi speditivi, ma richiede analisi di laboratorio. Mentre l'osservazione dei sintomi in campo permette di individuare la sussistenza di una problematica di carattere fitosanitario e di formulare alcune ipotesi sulle sue possibili cause, la diagnosi in laboratorio consente di accertare la presenza del patogeno e di confermarne l'identità. Nel corso del progetto MONGEFITOFOR sono state condotte analisi diagnostiche diverse, alcune delle quali basate su tecniche di microbiologia e microscopia classiche, tra cui i saggi di isolamento microbico. A seguito del prelievo di campioni di tessuti vegetali sintomatici, o di apotecii, si opera in ambiente sterile ponendo alcuni frammenti del campione in coltura su substrati appositi, con l'obiettivo di ottenere delle colture in vitro del microrganismo patogeno. Le colonie ottenute possono essere sottoposte ad indagini microscopiche o molecolari per accertare l'identità del microrganismo. L'isolamento microbico può rivelarsi talora poco efficace per alcuni microrganismi, e in questo caso può essere utile ricorrere a tecniche più sofisticate, basate sull'estrazione e l'analisi del DNA. L'estrazione del DNA è una tecnica che può essere svolta su diversi tipi di campione (tessuti dell'ospite o elementi costitutivi del patogeno, quali micelio o apotecii, spore catturate dal nastro del campionatore volumetrico, ecc.), al termine della quale si ottiene il DNA pre-

sente nella matrice estratta. Tramite successive analisi, quali la real-time PCR, è possibile accertare la presenza del DNA di *H. fraxineus* e di quantificarlo. Nel corso del progetto MONGEFITOFOR le analisi in real-time PCR (figura 11) sono state fondamentali per diagnosticare presenza, incidenza, distribuzione spaziale e capacità di sporulazione di *H. fraxineus*.

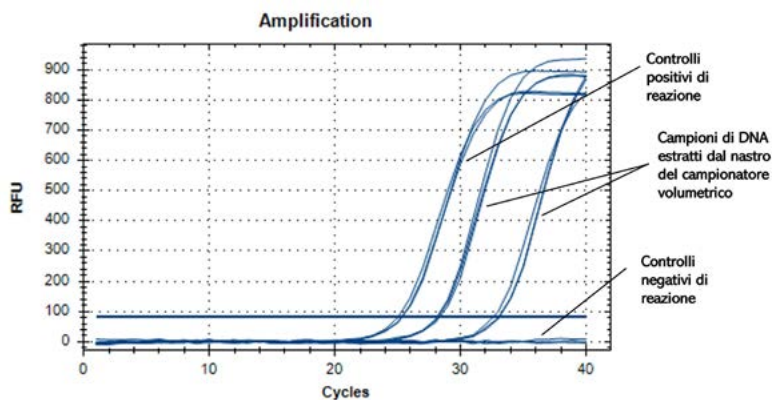


FIGURA 11
ESEMPI DI CURVE DI AMPLIFICAZIONE OTTENUTE DA ANALISI IN REAL-TIME PCR SU CONTROLLI POSITIVI DI REAZIONE, DNA ESTRATTO

DA CAMPIONI AMBIENTALI E CONTROLLI NEGATIVI DI REAZIONE. I CAMPIONI SELEZIONATI SONO RISULTATI POSITIVI ALLA PRESENZA DI DNA DI *HYMENOSCYPHUS FRAXINEUS*.

INQUADRAMENTO DELLA SINTOMATOLOGIA ASSOCIATA AL DEPERIMENTO DEL FRASSINO

Il monitoraggio fitosanitario del frassino condotto nel corso del progetto MONGEFITO-

FOR ha permesso di valutare le condizioni generali di salute di questa specie, accertando la presenza di sintomi riconducibili al deperimento causato da *H. fraxineus*. Il quadro sintomatologico evidenziato in Valle d'Aosta è apparso congruente non solo con quanto riportato nella letteratura scientifica, ma anche con la

situazione che sembra interessare le formazioni forestali a cui partecipa il frassino in Piemonte, perlomeno in base ad alcuni sopralluoghi recentemente condotti in quella regione (cfr. Ebone *et al.*, 2023). Il monitoraggio ha permesso di individuare a carico del frassino una serie di sintomi su foglie, rami e fusto, tanto su alberi giovani, quanto su quelli adulti, così come descritto di seguito.

In funzione del probabile decorso del deperimento si può ritenere che, ad uno stadio iniziale della malattia, un sintomo incipiente sia rappresentato dalla **perdita di turgore** delle foglie, specialmente di quelle presenti nelle porzioni distali dei rami che vanno incontro ad un progressivo **appassimento**. Tuttavia, l'appassimento è un sintomo aspecifico, in quanto può essere determinato da svariate cause biotiche o abiotiche non correlate con le infezioni di *H. fraxineus*. Più comunemente, sulle foglie si osserva la comparsa di **maculature**, determinate dalla morte di cellule e di intere porzioni di lembo fogliare, un fenomeno che tecnicamente viene denominato **necrosi** (Figura 12). Le aree necrotiche, di forma più o meno irregolare, e di dimensioni variabili, sono generalmente contraddistinte da una **colo-**

razione scura. A margine delle necrosi, o in porzioni della lamina infette ma non ancora necrotiche, possono manifestarsi degli **ingiallimenti** più o meno localizzati o diffusi, che determinano un sintomo denominato **clorosi** (figura 12). Quando la porzione di lamina fogliare interessata da necrosi è particolarmente estesa, si possono osservare delle **deformazioni** (figura 13). Le foglie deformate appaiono come accartocciate a causa della crescita irregolare. Le necrosi possono estendersi anche ai piccioli e ai rachidi fogliari, che imbruniscono. Non di rado, le foglie composte del frassino possono disseccare e permanere sui rami per un certo periodo, per poi andare incontro a caduta precoce, o **filloptosi anticipata** (figura 14).

FIGURA 12
FOGLIE DI FRASSINO SINTOMATICHE, CHE PRESENTANO MACULATURE NECROTICHE E INGIALLIMENTI CLOROTICI INSORTI A SEGUITO DI INFEZIONI DI *HYMENOSCYPHUS FRAXINEUS*.

FIGURA 13
FOGLIE DI FRASSINO INTERESSATE DA DEFORMAZIONI DOVUTE ALLA PRESENZA DI ESTESE MACULATURE NECROTICHE INDOTTE DA *HYMENOSCYPHUS FRAXINEUS*.

FIGURA 14
FILLOPTOSI ANTICIPATA IN FRASSINI CON SINTOMI DI DEPERIMENTO DA *HYMENOSCYPHUS FRAXINEUS*. NEL PERIODO ESTIVO, A LIVELLO DELLA LETTERA, SONO GIÀ VISIBILI FOGLIE PREMATURAMENTE CADUTE A SEGUITO DELLE INFEZIONI OPERATE DAL PATOGENO.

12



13



14



I rami possono anch'essi manifestare **necrosi sottocorticali** che interessano il **cambio**, un tessuto vitale la cui funzione principale è permettere l'accrescimento diametrico degli organi legnosi (**figura 15**). La morte localizzata del cambio determina l'insorgenza di **depressioni** a livello della superficie dei rami colpiti, poiché il loro accrescimento diametrico risulta inibito (**figura 15**). Successivamente, lo stesso fenomeno determina la comparsa di **cancri**, ossia cretti e spaccature della corteccia e dei tessuti sottostanti, che si sviluppano parallelamente alla direzione di distensione del ramo (**figure 15 e 16**). Di norma, la porzione distale del ramo interessato da cancro tende a disseccare. Il fusto principale o i polloni maturi possono manifestare una decolorazione o una **alterazione di colore** della corteccia, che in condizioni normali appare verde-oliva in alberi giovani, per poi virare verso il grigio-bruno in esemplari maturi, mentre i frassini sintomatici evidenziano aree imbrunite con sfumature tendenti al bruno-rossiccio (**figura 17**). Anche il fusto principale può evidenziare l'insorgenza di **lesioni cancerose** in concomitanza dell'insediamento del patogeno a livello dei tessuti cambiali.

FIGURA 15

RAMO DI FRASSINO SUL QUALE È STATA PRATICATA UN'INCISIONE, ASPORTANDO LA CORTECCIA E LA PORZIONE PIÙ ESTERNA DEI TESSUTI LEGNOSI SOTTOSTANTI. NELLA PARTE SUPERIORE DELL'IMMAGINE SI NOTA LA PRESENZA DEL CAMBIO, VISIBILE COME UN SOTTILE STRATO DI COLORE VERDE POSTO IMMEDIATAMENTE AL DI SOTTO DELLA CORTECCIA (1). AL CENTRO DELL'IMMAGINE, SI OSSERVA UNA ZONA DEPRESSA, AL DI SOTTO DELLA QUALE IL CAMBIO NON APPARE PIÙ VERDE, MA IMBRUNITO IN SEGUITO ALL'ALTERAZIONE CAUSATA DA *HYMENOSCYPHUS FRAXINEUS* (2). IN BASSO, È POSSIBILE SCORGERE LA PRESENZA DI CANCRI, SPACCATURE CHE DECORRONO LONGITUDINALMENTE LUNGO IL RAMO (3).

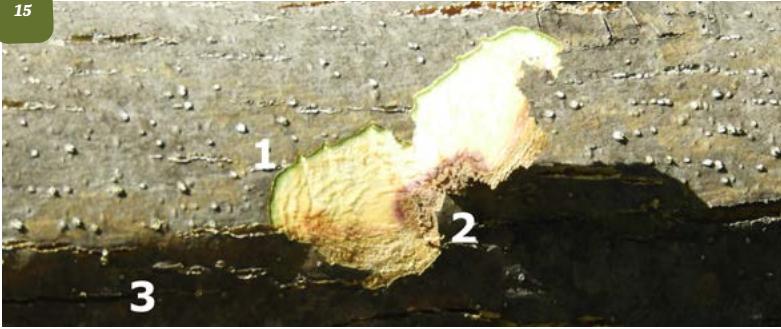
FIGURA 16

SINTOMI DI CANCRO SU GIOVANE RAMO DI FRASSINO IN DEPERIMENTO A SEGUITO DELL'INFEZIONE DI *HYMENOSCYPHUS FRAXINEUS*.

FIGURA 17

ALTERAZIONI DI COLORE A LIVELLO DEL FUSTO DI UN FRASSINO DEPERIENTE.

15



16



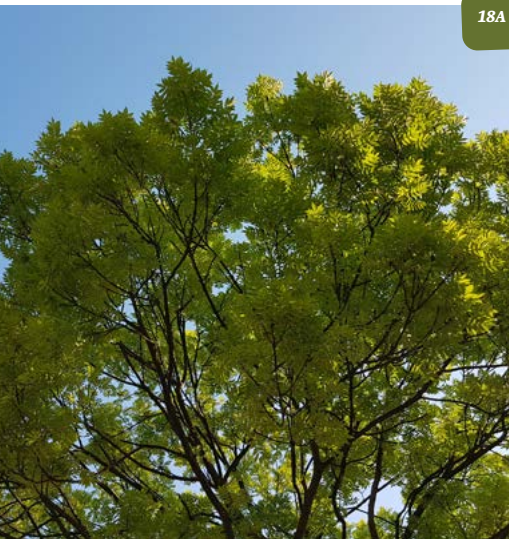
17



Filloptosi e cancri concorrono a determinare un sintomo di deperimento noto come **trasparenza della chioma** (figura 18). Per trasparenza della chioma si intende un progressivo **diradamento** della densità del fogliame, che nel caso dei frassini infetti da *H. fraxineus* ha un decorso caratteristico (figura 18). Infatti, come già ricordato, *H. fraxineus* provoca un fenomeno noto come **dieback**, termine anglosassone intraducibile in italiano che indica essenzialmente un disseccamento progressivo della chioma a causa della filloptosi e della morte (*die-*) dei rametti, che progredisce a ritroso (*-back*), partendo dall'esterno della chioma ed

avanzando progressivamente verso l'interno (in termini non tecnici si fa talora riferimento ad una "discesa della chioma" per descrivere il fenomeno) (figura 18). I frassini in deperimento possono tentare di reagire emettendo **ricacci**, il cui proliferare nel tempo determina una sensibile alterazione dell'architettura della chioma (figura 18). Il decorso del deperimento si conclude spesso con la **morte dell'albero**, che non di rado resta disseccato in piedi per periodi più o meno lunghi (figura 18), fino a quando non sopravviene lo schianto. Il **cedimento meccanico** dell'albero non è un effetto immediato dovuto all'azione di *H. fraxineus*, ma si verifica

18A

**FIGURA 18**

RICOSTRUZIONE DEL DECORSO TIPICO DEL DIEBACK CAUSATO DA HYMENOSCYPHUS FRAXINEUS. UN FRASSINO NON INFETTO SI PRESENTA CON CHIOMA ASINTOMATICA, FOLTA E VIGOROSA (A). A SEGUITO DELL'INFEZIONE, I PRIMI SINTOMI SONO RAVVISABILI IN UN PROGRESSIVO DIRADAMENTO DELLA CHIOMA, CHE INTERESSA DAPPRIMA LE PORZIONI DISTALI DEI RAMI, E QUINDI L'ESTERNO DELLA CHIOMA (B). QUEST'ULTIMA MANIFESTA LIVELLI DI TRASPARENZA VIA VIA SEMPRE MAGGIORI A SEGUITO DI ESTESA FILLOPTOSI ANTICIPATA (C). IL DECORSO DELLA MALATTIA COMPORTA UNA CONTRAZIONE SENSIBILE DELLA CHIOMA, INTERESSATA DA DISSECCAMENTI DIFUSI, TANTO DEI RAMI, QUANTO DELLE BRANCHE PRINCIPALI (D). L'ARCHITETTURA DELLA CHIOMA APPARE ALTERATA, CON RIDUZIONE DELLE RAMIFICAZIONI SECONDARIE E CONTESTUALE RISCOPIO DI GETTI EPICORMICI, O RICACCI, A RIDOSSO DELLE RAMIFICAZIONI PRINCIPALI (E). AD UNO STADIO AVANZATO DELLA MALATTIA, LA CHIOMA EVIDENZIA UN VOLUME ESTREMAMENTE RIDOTTO E APPARE CONCENTRATA NELLE PORZIONI INFERIORI E IN QUELLE INTERNE: SI PARLA GERGALMENTE DI "DISCESA DELLA CHIOMA" (F). L'ESITO DEL DEPERIMENTO NON DI RADO È LETALE (G).

18B



18C



18D



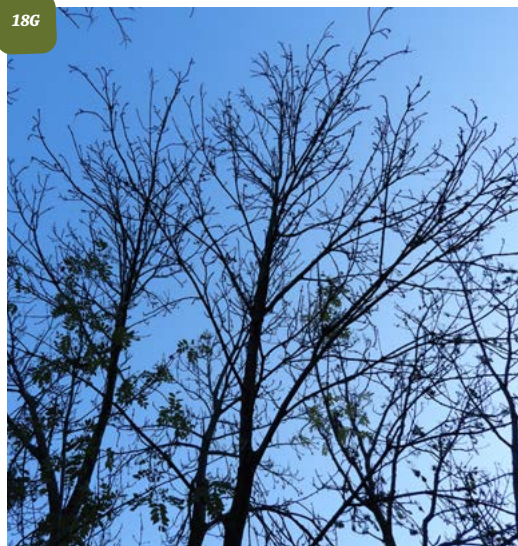
18E



18F



18G



a seguito dell'intervento di altri fattori quali, ad esempio, la degradazione dei tessuti legnosi ad opera di funghi lignivori e di carichi meccanici dovuti a vento, precipitazioni o all'azione della forza di gravità. La letteratura scientifica indica tuttavia che non tutti i frassini, pur appartenendo alla medesima specie, sono ugualmente suscettibili alla malattia. I monitoraggi fitosanitari effettuati nel corso del progetto MONGEFITOFOR sembrano avvalorare questa osservazione, infatti non di rado è stato possibile osservare la coesistenza di alberi fortemente deperienti e di alberi completamente asintomatici. Questo netto divario

nell'espressione dei sintomi, quando osservato tra alberi di età comparabile, cresciuti a pochi metri di distanza, in un sito omogeneo per condizioni ambientali e stagionali, sembra plausibilmente ascrivibile a differenze genotipiche, piuttosto che a dinamiche epidemiologiche (es. infezioni avvenute in momenti diversi, diversa esposizione a fattori di stress ambientale), perlomeno nella maggioranza dei casi. Questo fenomeno è noto come **resistenza o tolleranza genetica** al patogeno ed indica di fatto la possibilità che singoli individui possano non contrarre la malattia o esprimerla con sintomi decisamente attenuati (**figura 19**).

19



FIGURA 19
FRASSINETO DI INVASIONE COSTITUITO DA ALBERI GIOVANI, CRESCIUTI IN CONDIZIONI OMOGENEE SOTTO IL PROFILO AMBIENTALE E COLTURALE. SI NOTA LA COESISTENZA DI FRASSINI CHE ESPRIMONO UN QUADRO SINTOMATOLOGICO FORTEMENTE COMPROMESSO (IN PRIMO PIANO) E DI ALTRI IN BUONE CONDIZIONI VEGETATIVE (IN SECONDO PIANO). IL FENOMENO POTREBBE ESSERE LEGATO ALLA RESISTENZA O ALLA TOLLERANZA GENETICA DI SINGOLI INDIVIDUI NEI CONFRONTI DI *HYMENOSCYPHUS FRAXINEUS*.

Come descritto precedentemente, gli apotecii di *H. fraxineus* si differenziano a livello della lettiera, ma occorre precisare che esistono diversi funghi ascomiceti che possono formare strutture riproduttive morfologicamente simili a quelle di *H. fraxineus*, alimentando il rischio di **confusione tra specie**. Inoltre, se gli apotecii sono disidratati, non pienamente sviluppati, o troppo vecchi, possono non manifestare le caratteristiche morfologiche peculiari, rendendo il loro preliminare riconoscimento visivo ancora più incerto. Ad esempio, nel corso del progetto MONGEFITOFOR, sono stati rinvenuti apotecii potenzialmente ascrivibili a *H. fraxineus*, che però, in base all'identificazione effettuata con tecniche molecolari, sono risultati appartenere ad altre specie non patogene (es. *Cyathicula fraxinicola*, *Hymenoscyphus scutula*). È opportuno rammentare che la maggioranza delle specie fungine non è patogena, ma svolge un **ruolo ecologico** fondamentale per il funzionamento degli ecosistemi forestali, contribuendo al ciclo della sostanza organica e degli elementi (es. funghi saprotrofi), instaurando dei rapporti sinergici con alcune specie vegetali (es. funghi simbionti), o coesistendo neutralmente con quest'ultime senza

arreare danni (es. funghi endofiti).

INCIDENZA, GRAVITÀ E DISTRIBUZIONE DEL DEPERIMENTO DEL FRASSINO

La disamina puntuale del quadro sintomatologico descritto nel capitolo precedente ha permesso di stimare quantitativamente i livelli di incidenza e gravità del deperimento del frassino nell'areale oggetto del monitoraggio fitosanitario. In dettaglio, l'analisi dei sintomi manifestati dai frassini a livello fogliare ha evidenziato la presenza diffusa di **necrosi** compatibili con l'azione di *H. fraxineus*. L'incidenza del sintomo di cui sopra si è collocata tra 3% e 92%, con un valore medio di circa **34%**. In altri termini, il dato indica che mediamente circa 1/3 delle foglie campionate era interessato da sintomi conclamati di necrosi a carico della lamina. La **trasparenza della chioma**, uno tra i sintomi più indicativi per la stima dell'impatto del deperimento a carico dell'ospite, in media si è attestata su valori prossimi al **34%**, oscillando tra un minimo del 12% e un massimo pari a 68%. La trasparenza della chioma è una stima quantitativa, che valuta la **per-**

FIGURA 20

FRASSINO ISOLATO CON SINTOMI DI DIEBACK (A) SUI CUI È SCHEMATICAMENTE INDICATO IL CONTOURNO DELLA PORZIONE DI CHIOMA PERSA (B). IL TRATTO ROSSO CONTINUO INDICA I VUOTI DETERMINATI DA FILLOPTOSI E DISSECCAMENTI NELLA PORZIONE ESTERNA DELLA CHIOMA, MENTRE I PUNTI ISOLATI INDIVIDUANO DIRADAMENTI INCIPIENTI O AVANZATI, IN PROGRESSIONE VERSO IL BASSO E VERSO LE PORZIONI PIÙ INTERNE DELLA CHIOMA. QUANTITATIVAMENTE, LA PERCENTUALE DI TRASPARENZA DEL FRASSINO MOSTRATO IN FIGURA È DEL 45%.

centuale di chioma andata *persa* a causa di filloptosi anticipata e disseccamenti rameali (figura 20).

A livello del fusto, sono state osservate alterazioni cromatiche alla base in soli 5 siti, mentre le *lesioni cancerose* sono state riscontrate in tutte le formazioni forestali monitorate, anche se con medie contenute, che si sono attestate su un valore massimo di 2 lesioni per albero.

Complessivamente, *sintomi di deperimento* del frassino sono stati individuati *in tutti i siti monitorati*, nonostante questi siano molto diversi per carat-

20A



20B



teristiche stazionali e caratterizzazione dendrometrica. Infatti, le formazioni forestali monitorate si collocano ad una quota che va dai 785 m s.l.m. fino ai 1480 m s.l.m. La maggioranza di queste (55%) è risultata inclusa nell'alta valle, mentre le rimanenti in media (30%) e bassa valle (15%), con pendenze variabili da 0 a 100% circa. I rilievi dendrometrici hanno evidenziato che il frassino presente negli areali di progetto è tendenzialmente giovane, anche se non mancano siti con alberi maturi. I diametri medi a petto d'uomo sono risultati compresi tra 5,99 ($\pm 2,04$ cm) e 22,68 cm ($\pm 12,43$ cm). I dati sembrano quindi suggerire che, anche negli areali transfrontalieri italo-svizzeri, il deperimento del frassino sia diffuso su ospiti di diverse classi di età e radicati in siti contraddistinti da condizioni stazionali ed ambientali diverse.

Il monitoraggio fitosanitario del frassino condotto nel corso del progetto MONGEFITOFOR ha inoltre evidenziato come in Valle d'Aosta il **deperimento** sia presente e **ampiamente diffuso**, interessando gran parte dell'areale di distribuzione del frassino nei piani collinare e basso montano della regione. I siti indagati si collocano infatti su un'area vasta, estesa per circa 60 km in senso longitu-

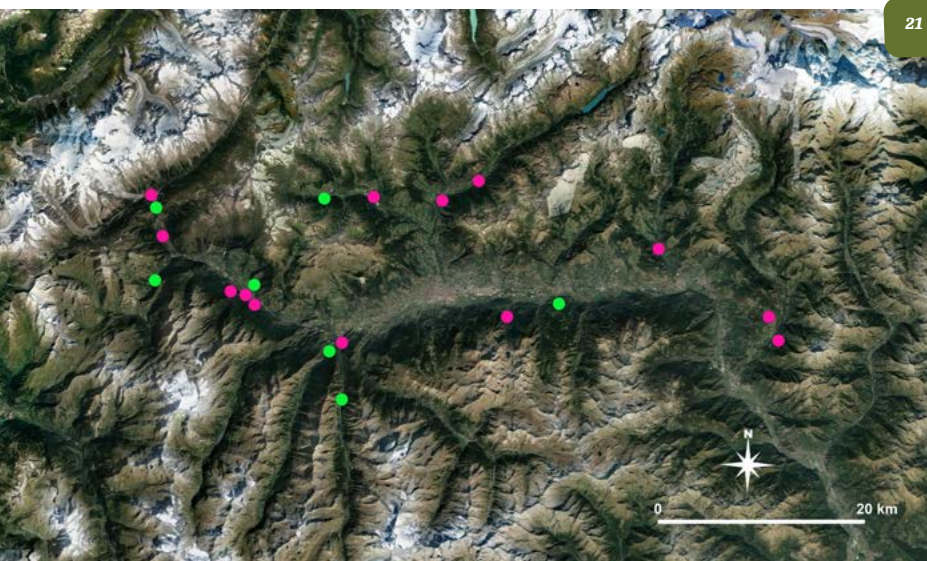
dinale e 20 km in senso latitudinale, coprendo virtualmente un'area topografica di 1200 km² su un dislivello di 700 m.

PRESENZA, CAPACITÀ DI SPORULAZIONE E DISTRIBUZIONE SPAZIALE DI *HYMENOSCYPHUS FRAXINEUS*

Contestualmente alla valutazione qualitativa del quadro sintomatologico evidenziato dal frassino e alla stima quantitativa dell'impatto del deperimento in termini di incidenza e gravità, le attività del progetto MONGEFITOFOR hanno permesso di diagnosticare la presenza di *H. fraxineus*, di valutarne la capacità di sporulazione e determinarne la distribuzione spaziale. Dai campioni biologici prelevati, apotecii inclusi, non è stato possibile isolare colonie del patogeno in laboratorio. L'insuccesso dell'isolamento microbico non implica, però, che il patogeno sia assente. Infatti, alcuni funghi fitopatogeni instaurano un rapporto talmente specifico con l'ospite, che difficilmente è possibile separarli dai tessuti che colonizzano e coltivarli su substrati artificiali, nonostante vengano utilizzati i più aggiornati stan-

dard internazionali per eseguire l'operazione in laboratorio (es. il protocollo specifico per *H. fraxineus* incluso in uno standard PM7 della European and Mediterranean Plant Protection Organisation - EPPO). La **diagnosi** eseguita con le **tecniche molecolari** descritte in precedenza ha invece evidenziato la **presenza diffusa** di *H. fraxineus*. Il patogeno è stato infatti diagnosticato nel **65% dei siti monitorati (figura 21)**. A **livello di sito**, dove il patogeno è risultato presente, la sua **incidenza** (percentuale di alberi infetti) si è attestata su valori minimi di **11%**, per raggiungere soglie pari anche a **80%**. È interessante osservare

come sia stata rilevata un'incidenza crescente di *H. fraxineus*, minore nell'alta (16%), più elevata nella media (35%) e massima (40%) nella bassa Valle d'Aosta. Questo fenomeno potrebbe essere correlato alle dinamiche epidemiologiche (es. il fronte di invasione del patogeno segue una direttrice est-ovest provenendo dal Piemonte), o dipendere dalle condizioni ambientali e stagionali, che in bassa valle potrebbero essere più favorevoli al patogeno. *H. fraxineus* è stato diagnosticato tanto da campioni fogliari, quanto da tessuti legnosi, confermando l'associazione tra il quadro sintomatologico osservato e



la presenza del patogeno. I campionatori volumetrici per il monitoraggio delle spore aerodisperse di *H. fraxineus* hanno evidenziato che il patogeno è in condizione di sporulare negli areali interessati dal monitoraggio fitosanitario, confermando l'adattamento del fungo alle condizioni ambientali tipiche dei settori alpini nordoccidentali. In particolare, sembra che il periodo autunnale sia particolarmente favorevole alla sporulazione del patogeno, che è risultata più abbondante dove il frassino è maggiormente presente e diffuso. I risultati ottenuti hanno an-

che una rilevanza in termini pratici, relativamente alle **opzioni di monitoraggio fitosanitario** per cui il progetto MONGEFITOFOR si pone come studio pilota per gli areali transfrontalieri e non solo. Infatti, in termini di efficienza diagnostica, le tecniche basate su real-time PCR hanno evidenziato la capacità di individuare il patogeno anche quando i saggi di isolamento microbico non hanno sortito alcun risultato. Per future campagne di monitoraggio, potrebbe essere quindi vantaggioso avvalersi di approcci diagnostici molecolari, al fine di evitare sensibili sottostime dell'incidenza del patogeno.

FIGURA 21

CARTA DEI SITI IN CUI È STATA DIAGNOSTICATA LA PRESENZA DI *HYMENOSCYPHUS FRAXINEUS* A SEGUITO DEL MONITORAGGIO FITOSANITARIO CONDOTTO DURANTE IL PROGETTO MONGEFITOFOR. I SITI IN CUI È STATO RINVENUTO IL PATOGENO SONO RAPPRESENTATI IN FUCSIA, GLI ALTRI IN VERDE. SULLO SFONDO, IMMAGINE SATELLITARE DEGLI AREALI TRANSFRONTALIERI ITALO-SVIZZERI INTERESSATI DAL PROGETTO (FONTE: GOOGLE MAPS, 2023).

ALTRE AVVERSITÀ RISCONTRATE SU FRASSINO

Nel corso del monitoraggio fitosanitario, contestualmente al rilievo del quadro sintomatologico evidenziato dal frassino in relazione al deperimento causato da *H. fraxineus*, è stata indagata la presenza di eventuali sintomi ascrivibili ad altri agenti di malattia o danni causati da insetti fitofagi.

In particolare, carie del legno e marciumi radicali sono le malattie che più verosimilmente potrebbero determinare un quadro sintomatologico almeno in parte sovrapponibile a quello evidenziato dal frassino in caso di infezioni di *H. fraxineus*. Occorre però considerare che, generalmente, *H. fraxineus* determina l'insorgenza di sintomi caratteristici, in particolare se si considera la peculiare "discesa della chioma" collegata al *dieback*. Inoltre, non di rado, i **funghi lignivori** che causano le sopracitate malattie sopravvivono quando l'albero è senescente o già debilitato a causa dell'azione di altri agenti di malattia, quali *H. fraxineus*. Per diagnosticare l'eventuale presenza di funghi patogeni lignivori, i campioni di tessuti legnosi di frassino positivi a *H. fraxineus* sono stati sottoposti ad ulte-

riori analisi molecolari (Multiplex-PCR).

I quattro patogeni individuati a seguito delle analisi multiplex PCR sono: ***Laetiporus sulphureus*** nell'89% dei campioni esaminati, *Stereum* spp. nel 68%, ***Armillaria* spp.** nel 26%, e *Pleurotus* spp. nel 5%. *L. sulphureus* è un fungo basidiomicete agente di carie bruna che infetta latifoglie e conifere. Appartengono al genere *Stereum* differenti specie di funghi agenti di carie bianca alveolare o fibrosa, che infettano sia latifoglie, sia conifere. Al genere *Armillaria* afferiscono specie note per la capacità di degradare il legno ormai morto causando una carie bianca fibrosa, ma anche per la capacità di agire come patogeni (primari o di debolezza). È infatti noto come infezioni da *Armillaria* spp. siano particolarmente frequenti su ospiti già debilitati a seguito di stress abiotici o biotici. Infine *Pleurotus* spp. è un basidiomicete saprotrofo, talvolta agente di carie bianca su piante vive. A livello sintomatologico, non sono però stati individuati in foresta segni tipici della presenza dei soprammenzionati patogeni.

I risultati sembrano suggerire che *H. fraxineus* possa essere associato ad **altri patogeni** e che quindi il deperimento del frassino innescato dall'asco-

micete possa evolvere in una sindrome più articolata, in cui si inseriscono anche agenti di carie e marciume radicale.

INTERVENTI SELVICOLTURALI E FITOSANITARI PER LA GESTIONE DEI POPOLAMENTI CON FRASSINO DEPERIENTE

La presenza di piante infette da *H. fraxineus* e caratterizzate da un quadro sintomatologico compromesso suggerisce di adottare appositi accorgimenti tecnici ad integrazione delle pratiche di gestione tradizionale del frassino in foreste plurispecifiche o in nuclei monospecifici, quali quelli costituiti da frassineti di invasione. Data la variabilità sinecologica, stazionale e culturale che contraddistingue le foreste con presenza di frassino, anche a prescindere da criticità fitosanitarie in essere, non è possibile delineare un protocollo esaustivo che contempli le differenti casistiche. Le conoscenze desunte da una approfondita disamina della letteratura scientifica internazionale e le esperienze maturate a seguito del progetto MONGEFITOFOR, anche derivanti dall'*interscambio* di

competenze tra i partner di progetto, hanno però consentito di delineare alcune *linee guida gestionali* per approntare *interventi selvicolturali* e *fitosanitari* congrui con le funzioni e i servizi ecosistemici erogati dalle formazioni forestali con frassino. In particolare, la *conservazione del frassino* è certamente un obiettivo prioritario per garantire il perpetuarsi della specie e dei consorzi floristico-vegetazionali a cui questa partecipa, tuttavia il conseguimento di tale obiettivo è realistico solo a seguito di una attenta valutazione delle condizioni di salute dell'albero, del popolamento nel suo insieme e delle preconizzabili prospettive future.

In relazione agli areali transfrontalieri interessati dal progetto MONGEFITOFOR, è stato delineato uno schema di intervento generale, pur rammentando la necessità di valutare caso per caso le modalità tecnico-operative più consone alla stazione. Le linee guida sono da intendersi come un *toolbox* (letteralmente "cassetta per gli attrezzi"), ovvero sia un insieme di strumenti che possono essere applicati in contesti diversi, pur mantenendo la flessibilità necessaria a gestire una specie accessoria. È opportuno evidenziare che alcune delle linee guida proposte derivano da osser-

vazioni empiriche e da inferenze desunte da altri sistemi modello, in quanto i tempi per valutare sperimentalmente le diverse opzioni richiederebbero decenni. Le linee guida sono impostate per punti: l'utilizzatore, iniziando dal punto 1, valuta la congruenza degli scenari descritti con la situazione rilevata in foresta e via via seleziona l'opzione più consona. L'opzione scelta rimanda al punto successivo da considerare (→) e si procede fino a pervenire alle indicazioni operative da adottare.

1. Valutare se il frassino sia in **buone condizioni vegetative** (→**2**), oppure se, e in quale misura, la specie mostri uno stato di sofferenza evidenziato da un quadro sintomatologico ascrivibile al **deperimento** causato da *H. fraxineus* (→**3**);

2. Gli interventi suggeriti nel caso in cui il frassino sia in buone condizioni vegetative dipendono dalle condizioni ambientali e culturali della stazione, come indicato negli scenari riportati di seguito.

Se la stazione presenta caratteristiche ambientali e culturali coerenti con le esigenze autoecologiche del frassino e con una prospettiva di lungo periodo di conservazione della specie, e se lo stato complessivo del popolamento ap-

pare equilibrato, può essere conveniente optare per il seguente scenario:

a. Si adotta una strategia di **non intervento** in quanto una gestione attiva non appare giustificata a fronte di una situazione in linea con le aspettative, o perché non sussistono le condizioni tecnico-operative per l'allestimento di un cantiere forestale razionale. Se si intende invece puntare ad **incrementare l'abbondanza del frassino**, ed è possibile allestire un cantiere forestale razionale, valgono le indicazioni riportate nello scenario (→**2b**);

Se invece si ravvisano caratteristiche climatiche, edafiche, ecologiche, sinecologiche o strutturali non completamente in linea con l'ottimo di vegetazione del frassino, si aprono tre opzioni di intervento:

b. Le condizioni stazionali possono essere verosimilmente modificate in favore delle esigenze del frassino mediante **interventi selvicolturali standard**. Il sito si presta all'esecuzione razionale di operazioni selvicolturali, che sono sostenibili sotto il profilo tecnico e logistico (es. presenza di viabilità forestale). Gli interventi (es. diradamenti, tagli successi-

vi, insediamento di nuclei di rinnovazione artificiale) mirano in questo caso alla **regolazione della composizione specifica**, alla modifica della **struttura** orizzontale e verticale e alla mitigazione della **concorrenza** intra- e interspecifica, a beneficio dei frassini rilasciati. Questa linea di intervento agisce direttamente o indirettamente sulla disponibilità di fattori ecologici essenziali (es. luce, acqua e nutrienti) e deve essere attuata nell'ottica di **conservare il frassino** e incrementarne, se possibile, la copertura, pur mantenendo una composizione plurispecifica equilibrata;

c. Il frassino non sembra adattarsi bene alle caratteristiche della stazione e anche se le condizioni stazionali possono essere verosimilmente modificate mediante interventi selvicolturali standard, in prospettiva questi non sembrano poter essere efficaci per favorire il frassino in un'ottica di conservazione di lungo periodo (es. la stazione è troppo arida, il suolo ha una potenza insufficiente). Se il sito si presta all'esecuzione razionale di operazioni selvicolturali, in questo caso gli interventi andranno progettati ed

attuati per guidare la **successione del popolamento** favorendo specie autoctone più adatte alle condizioni stazionali.

d. Il sito si colloca in uno degli scenari descritti ai punti 2b o 2c, ma non si presta all'allestimento di un cantiere forestale razionale. In questo caso è indicata la **libera evoluzione**.

3. Gli interventi suggeriti nel caso siano rilevati frassini deperienti variano a seconda del grado di copertura del frassino, della distribuzione nel popolamento delle piante deperienti e della gravità dei sintomi, come indicato negli scenari riportati di seguito.

a. Il **frassino è presente sporadicamente**, non raggiunge il 15% della copertura, e non sono presenti nuclei significativi della specie. I frassini evidenziano inoltre sintomi incipienti, conclamati o avanzati di deperimento. Date queste premesse, anche se il sito si prestasse all'allestimento di un cantiere forestale, la ridotta abbondanza della specie e l'esito incerto del decorso del deperimento non giustificano interventi colturali e fitosanitari per la conservazione del frassino. A seconda delle condizioni

stazionali, possono quindi valere le linee di intervento (→2c) o (→2d).

b. Il frassino costituisce almeno il **15% della copertura** o localmente è presente in gruppi o **nuclei consistenti** di 5-10 individui o ceppaie. I frassini evidenziano **sintomi incipienti** di deperimento, la trasparenza della chioma non è eccessiva e si attesta mediamente intorno al 20%. In termini di gravità della malattia, le differenze tra alberi non appaiono troppo evidenti e l'impatto della stessa sembra abbastanza uniforme. I frassini morti sono assenti o, se presenti, sono rari e sporadici. In questo caso è consigliabile **attendere** 1-3 anni e rivalutare la situazione in funzione del decorso del deperimento e dell'evoluzione del quadro sintomatologico. Se a quel punto le condizioni fitosanitarie non mostrano un sensibile miglioramento (→2), altrimenti (→3c).

c. Il frassino costituisce almeno il **15% della copertura** o localmente è presente in gruppi o **nuclei consistenti** di 5-10 individui o ceppaie. In questo caso, però, i **sintomi** di deperimento sono **conclamati**, l'impatto della malattia è evidente, la trasparenza della chioma

è mediamente superiore al 20%, e sono sistematicamente presenti frassini fortemente **compromessi**, alcuni dei quali quasi completamente disseccati o morti. Tuttavia, il quadro sintomatologico è eterogeneo e si osservano **differenze sensibili** in termini di gravità della malattia tra i frassini presenti nel sito. È possibile individuare alcuni **frassini+**, ossia frassini dominanti o con prospettive concrete di raggiungere il piano dominante, il cui quadro sintomatologico è nettamente migliore rispetto a quello evidenziato dai frassini circostanti (**frassini-**). I frassini+ sono alberi asintomatici o interessati da sintomi di lieve entità, con una trasparenza della chioma comunque non superiore al 25%. Gli interventi gestionali mireranno quindi alla **conservazione** e al miglioramento delle condizioni vegetative e colturali dei frassini+ e saranno attuati principalmente secondo quanto delineato nello scenario discusso al precedente punto 2a. Infatti, i frassini+ potrebbero essere tali in conseguenza del loro profilo genetico ed essere pertanto **resistenti** o **tolleranti** a *H. fraxineus*. Il loro rilascio e il migliora-

mento del loro vigore vegetativo non solo garantisce la conservazione della componente a frassino presente nella stazione, ma ne favorisce anche la rinnovazione futura. La progenie dei frassini+ potrebbe infatti ereditare dei tratti genetici favorevoli, correlati alla resistenza o alla tolleranza al patogeno. Nel lungo periodo, perseverando con le pratiche di gestione volte a favorire i frassini+, si dovrebbe poter osservare l'insediamento di popolazioni sempre meno suscettibili a *H. fraxineus* e **limitare** quindi l'**impatto** del deperimento. Se si osserva una scarsa rinnovazione naturale di frassini+ o se la rinnovazione presente manifesta evidenti sintomi di sofferenza, può essere opportuno effettuare diradamenti mirati a favorire l'insediamento, l'attecchimento e il vigore vegetativo dei semenzali dei frassini+. Tuttavia, se l'apertura di **chiarie** o la messa in luce dei **semenzali** non sembrassero soluzioni praticabili o se una volta adottate non sortissero gli esiti auspicati, è possibile proporre la messa a dimora di **nuclei di rinnovazione artificiale**. I semenzali da impiegare per questi interventi dovranno appartenere

a frassini+ provenienti da altri siti e comunque, al momento dell'impianto, non dovranno presentare sintomi di malattia. L'introduzione di genotipi autoctoni, ma non presenti nel sito di impianto, aumenta inoltre la **variabilità** genetica del frassino nella stazione, incrementandone potenzialmente la **resilienza**.

Tuttavia, gli interventi culturali per favorire i frassini+ dovranno essere accompagnati da **abbattimenti fitosanitari mirati**, condotti a carico dei frassini-. I frassini-, a prescindere dalla loro collocazione nel piano dominante o dominato, sono compromessi in misura significativa dalla malattia e mostrano un livello di deperimento conclamato, con trasparenza della chioma superiore al 25%. La loro rimozione è principalmente finalizzata a **prevenire ulteriori infezioni** agendo sulla progressiva riduzione del substrato disponibile per la produzione di apotecie di *H. fraxineus*, costituito prevalentemente dai rachidi fogliari. La rimozione dei frassini- previene l'accumulo di ulteriori rachidi fogliari nel corso degli anni a venire, comportando una prevedibile riduzione della pressione di inoculo nel

sito. Nel lungo periodo, una ridotta produzione di spore infettive dovrebbe condurre ad un progressivo miglioramento delle condizioni di salute del frassino. Inoltre, i frassini- rimossi non concorrono più alla trasmissione di caratteri genetici potenzialmente sfavorevoli alla progenie in quanto correlati con una possibile maggiore suscettibilità ad *H. fraxineus*. La loro rimozione contribuisce anche a migliorare la stabilità del popolamento.

Se non sono presenti alberi con le caratteristiche necessarie per essere considerati frassini+ (→3d).

d. In assenza di frassini con caratteristiche idonee a consentire la conservazione della specie nel sito e dato un quadro sintomatologico compromesso e causa del rilevante impatto del deperimento, occorre considerare l'opzione della **libera evoluzione** o, in alternativa, procedere con gli **abbattimenti fitosanitari** mirati come descritto al punto 3c, procedendo successivamente alla messa a dimora di **nuclei di rinnovazione artificiale** con semenzali di frassini+ provenienti da altri siti. Dalla rimozione dei frassini- all'impianto dei nuclei potrebbe essere

opportuno attendere alcuni anni, per consentire una graduale degradazione della lettiera e dunque una progressiva riduzione della produzione di apotecie di *H. fraxineus*.

Le linee guida descritte sono sintetizzate nello schema di **figura 22**.

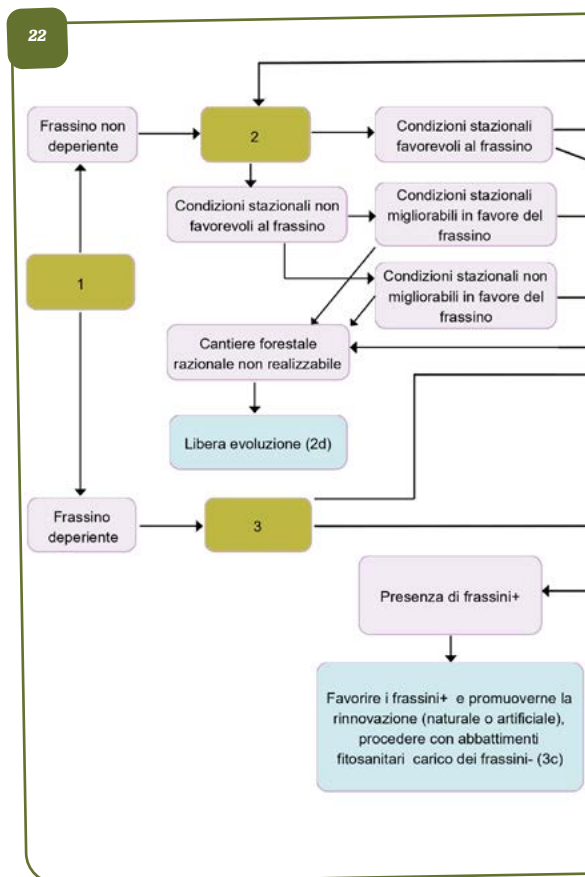
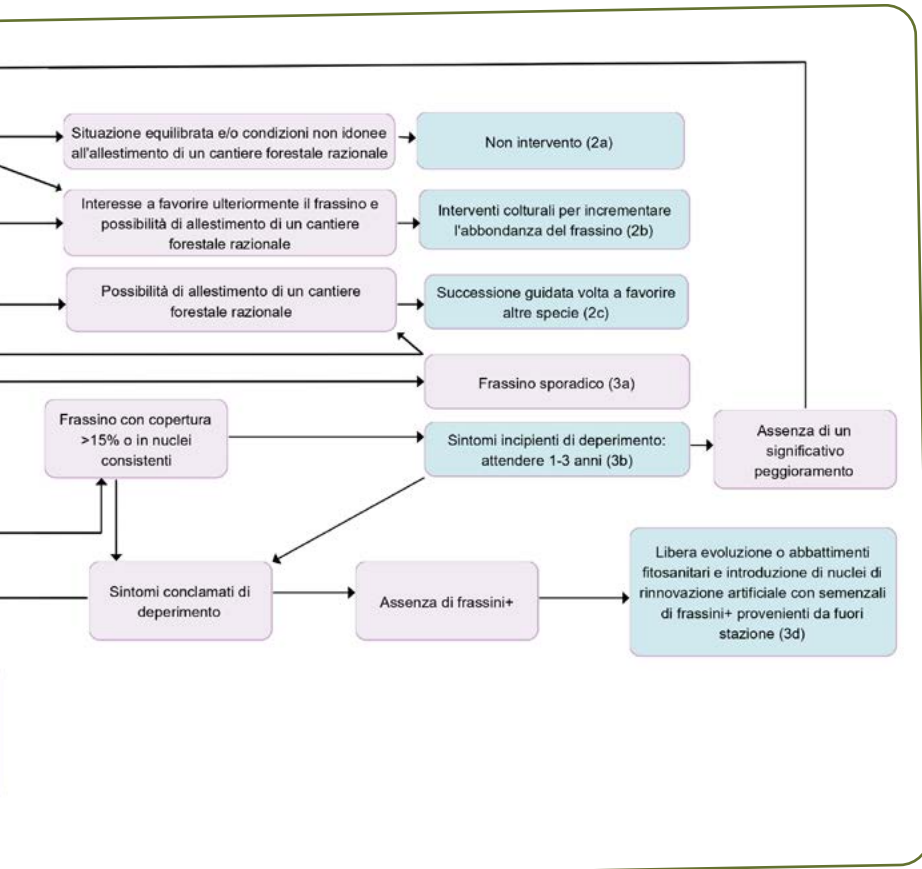


FIGURA 22

SCHEMA PER L'APPLICAZIONE DELLE LINEE GUIDA PER LA GESTIONE SELVICOLTURALE E FITOSANITARIA DEL FRASSINO. I RIQUADRI IN ARANCIONE CORRISPONDONO AI DIVERSI INSIEMI DI SCENARI ALTERNATIVI ED AZIONI POSSIBILI, I RIQUADRI IN ROSA INDICANO LE CONDIZIONI CHE DEVONO ESSERE SODDISFATTE DI VOLTA IN VOLTA PER POTER PERVENIRE AD UNA STRATEGIA OPERATIVA. QUEST'ULTIMA SINTETIZZATA NEI RIQUADRI IN BLU. I NUMERI INDICATI NEI RIQUADRI CORRISPONDONO ALLE OPZIONI DESCRITTE IN DETTAGLIO NEL TESTO. PER UTILIZZARE LO SCHEMA, PARTENDO DAL RIQUADRO 1, OCCORRE SELEZIONARE A CIASCUN PASSAGGIO LA FRECCIA CHE CONDUCE AL RIQUADRO SUCCESSIVO CHE DESCRIVE MEGLIO LA SITUAZIONE OSSERVATA IN FORESTA.



A integrazione di quanto riportato nelle linee guida, occorre considerare anche alcuni **aspetti fitosanitari** che esulano da specifici scenari stazionali.

In presenza di frassini sintomatici, può rendersi necessario prestare attenzione al possibile decorso della malattia e alla presenza di altre avversità, quali funghi agenti di carie e marciumi radicali. Infatti, minacce alla stabilità meccanica dell'albero possono essere rilevanti quando il frassino vegeta in contesti antropizzati, o comunque fruiti. In questi casi, **abbattimenti fitosanitari** mirati possono rendersi necessari per **proteggere cose e persone** da eventuali sinistri che potrebbero essere provocati da schianti e ribaltamenti dell'albero. In contesti diversi, lo stesso pericolo associato alla stabilità dell'albero può invece non essere rilevante, ma rappresentare un elemento costitutivo delle dinamiche forestali proprie dell'ecosistema. Questo è il caso, per esempio, di alberi destinati a costituire necromassa utile per il ciclo della sostanza organica, o a formare dei micro-habitat per specie diverse in foreste a prevalente vocazione naturalistica.

In relazione al decorso del deperimento o all'insorgere

di nuovi focolai, è opportuno sottolineare che alcuni interventi proposti per la gestione e la conservazione del frassino potrebbero non sortire gli esiti auspicati. Ad esempio, non si può escludere che i nuclei di rinnovazione artificiale possano essere falciati da *H. fraxineus* in conseguenza di dinamiche epidemiologiche non preconizzabili (es. avanzamento del fronte di invasione, introduzione accidentale di fonti di inoculo infettivo) o non gestibili (es. produzione di apoteci del patogeno a livello della lettiera).

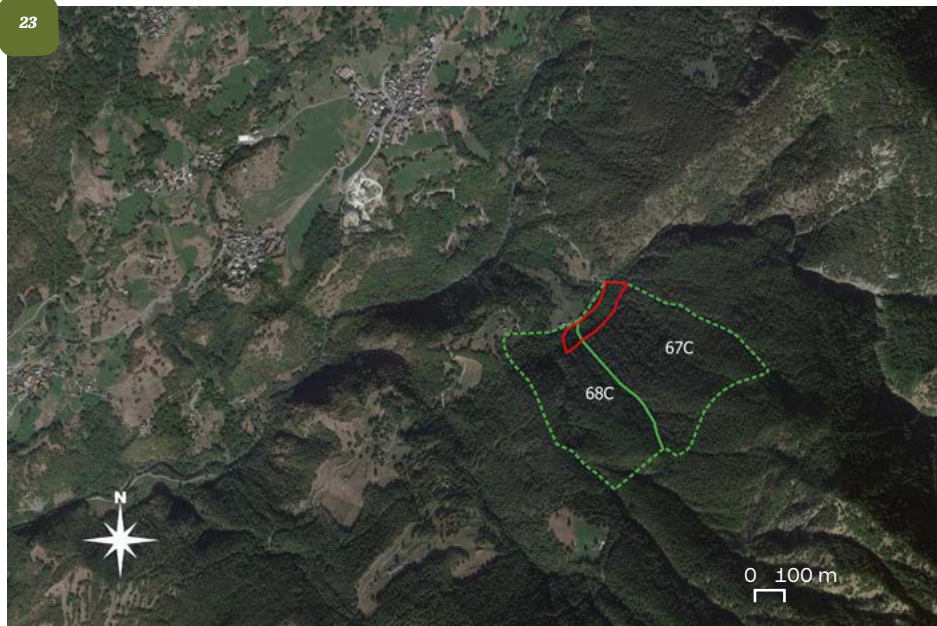
FIGURA 23

CARTA GENERALE DELLE PARTICELLE (LINEA VERDE TRATTEGGIATA) E DELLA FASCIA DI VEGETAZIONE A FRASSINO (LINEA ROSSA) SELEZIONATE PRESSO IL COMUNE DI CHALLAND-SAINT-ANSELME PER L'ATTUAZIONE E LA DIMOSTRAZIONE APPLICATIVA DELLE LINEE GUIDA PER LA GESTIONE SELVICOLTURALE E FITOSANITARIA DEL FRASSINO IN DEPERIMENTO. SULLO SFONDO, IMMAGINE SATELLITARE DELL'AREA INTERESSATA (FONTE: GOOGLE MAPS, 2023).

ESEMPI APPLICATIVI: I CANTIERI PILOTA MONGEFITOFOR

Nell'ambito del progetto MONGEFITOFOR sono stati progettati ed allestiti *cantieri forestali pilota* per l'attuazione e la dimostrazione applicativa delle *linee guida* per la gestione *selvicolturale* e *fitosanitaria* dei popolamenti con frassino interessati dal deperimento causato da *H. fraxineus*. In dettaglio, sono stati selezionati boschi consortili denominati "Boc de La" e "Bois de Cretes" del Co-

mune di Challand-Saint-Anselme, presso i quali sono stati preventivamente effettuati i rilievi dendrometrici, selvicolturali e fitopatologici. Le particelle si sviluppano su basso-medio versante (quota di circa 900 m s.l.m.), con esposizione NO, nella porzione sovrastante una strada carrozzabile non asfaltata che consente l'accesso ai mezzi. Il vertice della particella situato in prossimità della strada, direzione NNO, si colloca alle coordinate 402097, 5061665 (sistema di riferimento UTM WGS84) (figura 23).



Nella porzione delle particelle a monte della strada è presente una fascia di vegetazione costituita da un frassineto di invasione (**figura 24**), che decorre lungo il margine della strada dislocandosi approssimativamente lungo l'asse NE-SO, per una lunghezza di circa 250 m, una profondità di circa 60 m e una superficie topografica indicativa pari a 1,6 ha. Il frassineto corrisponde ad una fustaia allo stadio di

giovane perticaia, intervallata a porzioni di spessina, con alcuni esemplari di diametro maggiore, intorno ai 30-40 cm. Il frassino è dominante nella porzione a NE del soprassuolo, mentre verso SO tende a mescolarsi con pino silvestre, larice e altre latifoglie. Ad una scala spaziale più ampia, il frassineto d'invasione si colloca per la quasi totalità all'interno di una pineta mesalpica variante con latifoglie, ai mar-

FIGURA 24

FRASSINETO D'INVASIONE SELEZIONATO PER L'ALLESTIMENTO DEI CANTIERI FORESTALI PILOTA.

FIGURA 25

GRAFICO DELLA RIPARTIZIONE PERCENTUALE DELLE SPECIE PRESENTI (A) E LORO DISTRIBUZIONE PER CLASSI DIAMETRICHE (B) NELL'AREA IN CUI SONO STATI ALLESTITI I CANTIERI FORESTALI PILOTA PER IL FRASSINO IN DEPERIMENTO.



TABELLA 2

Specifiche relative all'area basimetrica e alla densità della formazione forestale nell'area in cui sono stati allestiti i cantieri forestali pilota per il frassino in deperimento.

Specie	Area basimetrica m2/ha	N. piante/ha
ALTRE LATIFOGLIE (salicene, betulla, rovenella, ontano bianco, pioppo tremulo)	0,10	9
CASTAGNO	0,43	24
CILIEGIO	0,90	35
FRASSINO	12,07	907
LARICE	2,99	59
PINO SILVESTRE	2,01	21
TOTALE	18,51	1054

La progettazione degli interventi selvicolturali e fitosanitari da attuare in cantiere è stata condotta adattando al caso specifico le linee guida sopra riportate. In dettaglio, i principi delineati nella sezione 3 sono stati ritenuti congrui alle condizioni stazionali e allo stato di salute del frassino e pertanto sono stati attuati come descritto di seguito.

I rilievi in foresta hanno permesso di appurare che il frassino evidenziava sintomi di deperimento e costituiva almeno il 15% della copertura o era localmente presente in nuclei di

5-10 individui dove il popolamento era maggiormente differenziato in termini di composizione specifica. I sintomi di deperimento erano conclamati e l'impatto della malattia evidente, con una trasparenza della chioma mediamente superiore al 20%. Inoltre, erano presenti alcuni frassini fortemente compromessi. Per il sito di Challand-Saint-Anselme le operazioni di monitoraggio fitosanitario e gli approfondimenti diagnostici di laboratorio hanno infatti evidenziato una trasparenza media della chioma del 44% e un'incidenza

di *H. fraxineus* pari al 20%. Il quadro sintomatologico era eterogeneo ed è stato possibile individuare un gran numero di frassini+ asintomatici o il cui quadro sintomatologico si presentava nettamente migliore rispetto a quello evidenziato dai frassini circostanti (frassini-) e la cui trasparenza in chioma era inferiore al 25%. Gli interventi colturali sono stati pertanto delineati con l'obiettivo di conservare il frassino, puntando al miglioramento delle condizioni vegetative dei frassini+. Infatti, la stazione mostrava caratteristiche eco-pedologiche idonee alla specie e si prestava all'esecuzione razionale di operazioni selvicolturali, sostenibili sotto il profilo tecnico e logistico in ragione della presenza di viabilità forestale. A seguito di martellata forestale (**figura 26**), sono stati proposti diradamenti mirati per regolare la densità del popolamento, con la prospettiva di ridurre la concorrenza intra- e interspecifica, a beneficio dei frassini rilasciati. Sono inoltre stati sottoposti a martellata forestale i frassini-, ossia alberi compromessi in misura significativa dal deperimento, con trasparenza della chioma superiore al 25%. Per i frassini- martellati si è proceduto alla rimozione mediante abbattimenti fitosanitari mirati, come descritto di seguito.



FIGURA 26
 FASI DELLA MARTELLATA FORESTALE, CON MARCATURA DEGLI ALBERI DA ABBATTERE SIA PER ATTUARE GLI INTERVENTI SELVICOLTURALI VOLTI A FAVORIRE I FRASSINI+, SIA PER EFFETTUARE GLI ABBATTIMENTI FITOSANITARI A CARICO DEL FRASSINI-.

27



28



A livello operativo, i cantieri pilota sono stati allestiti con finalità dimostrative e vogliono porsi come un esempio pratico per illustrare alcuni possibili interventi (figura 27). A tale scopo, la fascia di vegetazione è stata suddivisa in 3 aree (A, B e C), ciascuna pari a circa 1/3 della superficie totale (circa 5.000 m² l'una). È stato disposto l'abbattimento (figura 28) del 15%, 40% e 60% degli alberi rispettivamente nell'area A, B e C, procedendo da SO verso NE (tabella 3). Sono stati comunque ammessi ulteriori abbattimenti per ragioni tecniche e/o di sicurezza (es. alberi spioombati a rischio di schianto, con fusti spezzati o di ostacolo lungo la linea di caduta di piante martellate e su cui queste ultime avrebbero potuto incastrarsi), comunque non oltre la misura del 5% degli individui totali. Al termine delle operazioni di diradamento (figura 29) si è proceduto alla cippatura dei residui per evitare di alimentare potenziali riserve di inoculo patogeno.

FIGURA 27
ALLESTIMENTO, PERIMETRAZIONE E SEGNAZIONE DEI CANTIERI FORESTALI PILOTA PER LA GESTIONE SELVICOLTURALE E FITOSANITARIA DEL FRASSINO IN DEPERIMENTO.

FIGURA 28
FASI DELL'ABBATTIMENTO DI ALBERI MARTELLATI NEL CORSO DELL'ESECUZIONE DEI DIRADAMENTI CULTURALI E FITOSANITARI PREVISTI NEI CANTIERI FORESTALI PILOTA RELATIVI AL FRASSINO.

TABELLA 3

Specifiche relative ai prelievi conseguenti ai diradamenti condotti nelle diverse aree della stazione in cui sono stati allestiti i cantieri forestali relativi al frassino.

	PIANTE PRELEVATE	PIANTE TOTALI	PRELIEVO SUL TOTALE DELLE PIANTE (%)	VOLUME ASPORTATO (m ³)	VOLUME TOTALE PRIMA DEL DIRADAMENTO (m ³)	PRELIEVO SUL VOLUME (%)
Area A						
prelievo 15%	60	379	15,8%	20,85	35,74	58,3%
Area B						
prelievo 40%	250	562	44,5%	16,23	26,37	61,5%
Area C						
prelievo 60%	413	640	64,5%	26,18	38,54	67,9%

FIGURA 29
AREA DI CANTIERE AL TERMINE DELLE OPERAZIONI DI DIRADAMENTO CULTURALE E FITOSANITARIO. SI NOTINO LE CEEPAIE DEI FRASSINI

ASPORTATI E GLI INDIVIDUI RILASCIATI IN UNA FORMAZIONE LA CUI DENSITÀ È STATA SENSIBILMENTE RIDOTTA RISPETTO ALLA SITUAZIONE INIZIALE (CFR. FIGURA 24).

29A



29B



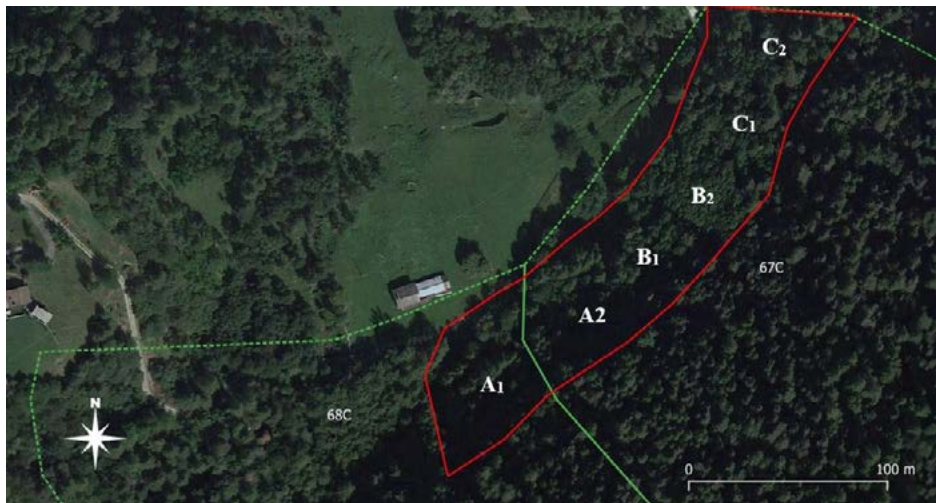
Le aree A, B e C sono state ulteriormente suddivise in due sotto-aree di uguale estensione (2.500 m² circa) (**figura 30**). Le prime sotto-aree (A1, B1 e C1, verso SO) non sono state interessate da ulteriori interventi, mentre nelle seconde (A2, B2 e C2, verso NE) sono state create 9 zone prive di vegetazione (3 per ciascuna sotto-area) di ampiezza 5x5 m ciascuna in cui sono stati messi a dimora 25 semenzali con sesto di impianto quadrato a distanza di impianto di 50 cm (nuclei di rinnovazione artificiale). Le fasi di impianto della rinnovazione artificiale, così come le altre operazioni condotte in cantiere, sono state oggetto di riprese audiovisive per realizzare video tematici tecnico-divulgativi a beneficio degli operatori del settore e dei soggetti interessati (**figura 31**). I semenzali, di circa 50 cm di altezza, sono stati prelevati da progenie di frassini+ provenienti da altri siti valdostani e forniti dal Vivaio Regionale Forestale in capo al Dipartimento Risorse Naturali e Corpo Forestale dell'Assessorato agricoltura e risorse naturali.

FIGURA 30

ZONIZZAZIONE DELLA FASCIA DI VEGETAZIONE A FRASSINO (LINEA ROSSA). OGNI ZONA CORRISPONDE AD UN CANTIERE PILOTA CONTRADDISTINTO DA INTERVENTI SELVICOLTURALI E FITOSANITARI DIVERSI. SULLO SFONDO, IMMAGINE SATELLITARE DELL'AREA INTERESSATA (FONTE: GOOGLE MAPS, 2023).

FIGURA 31

FASI DELL'IMPIANTO DI NUCLEI DI RINNOVAZIONE ARTIFICIALE DI FRASSINO, IN CUI I SEMENZALI VENGONO MESSI A DIMORA. UN OPERATORE REALIZZA RIPRESE AUDIOVISIVE DELLE OPERAZIONI PER REALIZZARE DEI VIDEO TEMATICI TECNICO-DIVULGATIVI.



CONCLUSIONI E PROSPETTIVE

Nell'ambito del progetto **MON-GEFITOFOR**, istituzioni locali ed enti di ricerca italiani e svizzeri, supportati dal finanziamento dell'Unione Europea - Programma di Cooperazione Territoriale **INTERREG** V-A Italia-Svizzera 2014/2020, hanno profuso uno sforzo importante per monitorare lo stato di salute delle foreste transfrontaliere e proporre strategie sostenibili per la loro gestione e salvaguardia. In particolare, questo **manuale di campo tecnico-scientifico** è dedicato al **deperimento del frassino** causato dal **fungo fitopatogeno *Hymenoscyphus fraxineus*** e vuole sintetizzare con praticità e concretezza i risultati ottenuti nel corso del progetto, fornendo all'utilizzatore delle **linee guida** di intervento di carattere **selvicolturale** e **fitosanitario**.

Grazie ai risultati ottenuti a seguito del monitoraggio fitosanitario e degli approfondimenti diagnostici condotti, è stato possibile segnalare per la prima volta la presenza di *H. fraxineus* in Valle d'Aosta, quantificando l'incidenza e la gravità del deperimento a carico del frassino, una specie forestale di grande rilevanza ecologica, ambientale, naturalistica e paesaggistica. Il deperimento

è risultato diffuso e contraddistinto da un impatto rilevante e richiede pertanto di essere gestito con un approccio multidisciplinare che integri la **selvicoltura** tradizionale con interventi di carattere **fitosanitario** basati su solide evidenze scientifiche. Obiettivo cardine del progetto MONGEFITOFOR è stato delineare questo approccio e creare nel contempo strumenti idonei per la diffusione di **conoscenze** e **competenze** rilevanti per la gestione del frassino in deperimento, a beneficio di proprietari, gestori e amministratori delle risorse forestali, ma anche di tecnici, operatori del settore e altri portatori di interesse.

Il progetto MONGEFITOFOR, in prospettiva, lascia in eredità le basi per una gestione forestale del frassino più **sostenibile**, fornendo strumenti tecnico-scientifici la cui applicazione potrà contribuire ad incrementare la **resilienza** del patrimonio forestale e degli **ecosistemi** ad esso collegati.

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 Marianna Giraudo per l'assistenza in laboratorio, gli Agenti, i Funzionari e il Personale del Corpo Forestale della Valle d'Aosta che ha preso parte alle attività di monitoraggio fitosanitario del frassino, in particolare Luigi Bionaz, Giacinta Bois, Gianluca Burgay, Alex Garda, Ettore Merlet, Corrado Montrosset e Alessandro Vuillermoz.

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



BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

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.

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

Ebone, A., Giannetti, F., Gonthier, P., Lione, G., Nicolotti, G., Petrella, F. Terzuolo, P.G. (2011). *Querco-carpineti planiziali in deperimento: linee guida per la gestione*. Regione Piemonte Direzione Opere Pubbliche, Difesa del suolo, Economia Montana e Foreste – Settore Politiche Forestali. ISBN 9788896046043

Ebone, A., Gonthier, P., Lione, G., Terzuolo, P.G. (2023). *Scheda diagnostica di campo per la segnalazione dei sintomi di deperimento del frassino (Fraxinus excelsior) potenzialmente riconducibili al fungo patogeno Hymenoscyphus fraxineus*. Regione Piemonte - Direzione Ambiente, Energia e Territorio – Settore Foreste. ISBN 9788896046098

Enderle, R., Stenlid, J., & Vasaitis, R. (2019). An overview of ash (*Fraxinus* spp.) and the ash dieback disease in Europe. *CABI Reviews* 14, 1-12. doi: 10.1079/PAVSNNR201914025

European and Mediterranean Plant Protection Organization EPPO (2013) PM 7/117 (1) *Hymenoscyphus pseudoalbidus*. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*, 43, 449-461. Doi: 10.1111/epp.12061

Ferretti, F., Alberti, G., Badalamenti, E., Campagnaro, T., Corona, P., Garbarino, M., La Mantia, T., Malandra, F., Maresi, G., Morresi, D., Piermattei, A., Pividori, M., Romano, R., Salvadori, C., Sibona, E., da Silveira Bueno, R., Sitzia, T., Urbinati, C., Vitali, A., Pelleri, F. (2019). *Boschi di neoformazione in Italia: approfondimenti conoscitivi e orientamenti gestionali*. Rete Rurale Nazionale 2014-2020, Scheda n. 22.2 - Foreste, Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria. Roma. ISBN 9788833850153

Gellini, R., Grossoni, P. (1997). *Botanica forestale. Vol. 2: Angiosperme*. Padova: CEDAM. ISBN 9788813202606

Gonthier, P., Giordano, L., Sillo, F., Martinis, R., Pasi, V., Rettoni, A.A., Tantardini, A. (2016). Sos cedri e frassini - Passaggio a Nord Ovest, *Acer*, 6, 25-29. Google 2023. Google Satellite, Map data ©2015 Google, accesso effettuato in data 05/05/2023.

Kerr, G. & Cahalan, C. (2004). A review of site factors affecting the early growth of ash (*Fraxinus excelsior* L.). *Forest Ecology and Management*, 188, 225-234. doi 10.1016/j.foreco.2003.07.016

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

McKinney, L. V., Thomsen, I. M., Kjær, E. D., Nielsen, L. R. (2012). Genetic resistance to *Hymenoscyphus pseudoalbidus* limits fungal growth and symptom occurrence in *Fraxinus excelsior*. *Forest Pathology*, 42, 69-74. doi 10.1111/j.1439-0329.2011.00725.x

Ongaro, S., Lione, G., Isocrono, D. (2022). Composition and conservation value of epiphytic lichen communities on common ash in north-western Alps: a first assessment. *Forests*, 13, 1288. doi 10.3390/f13081288

Pignatti, S. (1998). *I boschi d'Italia: sinecologia e biodiversità*. Torino: UTET. ISBN 9788802052519

QGIS software versione 3.10.0 - A Coruña (2023). QGIS Development Team, QGIS Association. <http://www.qgis.org>.

QGIS plugin QuickMapServices versione 0.19.11.1. (2023).

Rigling, D., Hilfiker, S., Schöbel, C., Meier, F., Engesser, R., Scheidegger, C., Stofer, S., Senn-Irlet, B., Queloz, V. (2016). Le dépérissement des pousses du frêne. Biologie, symptômes et recommandations pour la gestion. Notice pour le praticien - Institut Fédéral de Recherches WSL - Birmensdorf, 57, 1-8.

Skovsgaard, J. P., Wilhelm, G. J., Thomsen, I. M., Metzler, B., Kirisits, T., Havrdová, L., Enderle, R., Dobrowolska, D., Cleary, M., Clark, J. (2017). Silvicultural strategies for *Fraxinus excelsior* in response to dieback caused by *Hymenoscyphus fraxineus*. *Forestry* 90, 455-472. doi: 10.1093/forestry/cpx012

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

