

LIFE GESTIRE 2020

Nature Integrated Management to 2020

Azione C14

Interventi di miglioramento della produzione di ecotipi e fenotipi resistenti di farnia (*Quercus Robur* L), al fine di garantire la conservazione della biodiversità specifica e degli Habitat 9160, 9190, 91L0, 91F0 ed istituzione della Riserva Biogenetica "Foresta Carpaneta"

Deliverable

Linee guida per la gestione selvicolturale dei boschi di quercia farnia in Lombardia

Sulla base di analisi strutturali, ecologiche e genetiche condotte in popolamenti lombardi



Dicembre 2021



Il presente documento è redatto a seguito delle indicazioni emerse dalle indagini, svolte sulla scorta del protocollo individuato nell'ambito dell'Azione A6 del Progetto LIFE IP GESTIRE 2020, nell'ambito dell'incarico del medesimo progetto "Servizi di assistenza tecnica in ambito forestale per la definizione di criteri e linee guida nella gestione dei querceti lombardi - Azioni A.18 e C.14" svolto tra il 2019-2021 dalla RTI, costituitasi tra l'Università degli Studi di Pavia, Dipartimento di Scienze della Terra e dell'Ambiente, IBBR-CNR e Università degli Studi di Torino, DISAFA

I risultati degli studi sono ampiamente descritti e discussi nel Report finale dell'Azione C14 "Relazione tecnico-scientifica Dicembre 2021", riferito all'incarico sopra citato.

Gruppi di lavoro che hanno collaborato allo studio e alla stesura delle Linee Guida

- Università degli Studi di Pavia, Dipartimento di Scienze della Terra e dell'Ambiente: Paola Nola, Francesco Bracco, Silvia Assini, Osvaldo Pericolo, Tatiana Storchi, Marinella Rodolfi.
- IBBR-CNR: Andrea Piotti, Giovanni Giuseppe Vendramin, Camilla Avanzi, Francesca Bagnoli, Ilaria Spanu, Edoardo Romiti;
- Università degli Studi di Torino, DISAFA: Renzo Motta, Fabio Meloni, Matteo Garbarino.

INDICE

PREMESSA	3
<u>1. INQUADRAMENTO GENETICO ED ECOLOGICO DEI QUERCETI PLANIZIALI LOMBARDI</u>	4
1.1. Aspetti strutturali ed ecologici	5
1.2. Aspetti genetici	12
<u>2. ELEMENTI PER LA CONSERVAZIONE DEI QUERCETI LOMBARDI</u>	13
2.1. Obiettivi degli interventi	13
2.2. Analisi preliminari agli interventi	13
<u>3. LA GESTIONE DEI QUERCETI LOMBARDI</u>	14
3.1 Introduzione	14
3.2 Contenimento delle specie esotiche	15
<i>Ailanthus altissima</i>	
<i>Quercus rubra</i>	
<i>Prunus serotina</i>	
<i>Robinia pseudoacacia</i>	
3.3 Strategie per favorire la rinnovazione naturale di farnia in foresta	16
3.4 Ricorso alla rinnovazione artificiale	18
<u>4. CONCLUSIONI</u>	20
BIBLIOGRAFIA	23

PREMESSA

Le ricerche da cui scaturiscono le presenti linee guida si prefiggevano di individuare indicazioni selvicolturali su base genetica per i boschi lombardi di farnia che tenessero conto della conservazione dei diversi pool genici. La ricerca si basava sulle indicazioni fornite nel “Protocollo per la gestione selvicolturale su base genetica di tutti i boschi di quercia Farnia della Lombardia”, elaborato dal Gruppo di Lavoro di CREA FL nell’Azione A.6 “Attività preliminari agli interventi di miglioramento della produzione delle specie forestali al fine di garantire la conservazione della biodiversità” del progetto LIFE GESTIRE 2020, adattato da ERSAF. In particolare, le ipotesi di lavoro del protocollo sono state sviluppate a partire dalle osservazioni riportate di seguito.

“Considerando le caratteristiche strutturali e dendrologiche attuali delle farnete, si può comprendere come la struttura genetica sia in fase di progressiva erosione, caratterizzata da bassi livelli di eterozigosi ed elevato inbreeding. Fattori come: i) il frazionamento e l’interruzione della copertura arborea forestale; ii) l’introgressione massiccia negli ecosistemi di specie aliene fortemente invasive; iii) la diffusa assenza di pratiche selvicolturali razionali ed adatte a favorire la continuità nel tempo e nello spazio delle popolazioni di farnia; iv) il mutare delle condizioni micro ambientali, stanno sicuramente determinando un’alterazione delle dinamiche genetiche delle popolazioni. È pertanto necessario, che i futuri interventi selvicolturali si prefiggano il raggiungimento della rinnovazione naturale, re-innescando il dinamismo demografico della specie e di conseguenza quello genetico.”. Tali considerazioni deriverebbero dai risultati degli studi contenuti nel lavoro “Le risorse genetiche della farnia della Val Padana” (Ducci 2007) e il protocollo che ne è derivato era finalizzato alla stesura di Linee Guida dal titolo originale “Linee guida per la gestione selvicolturale dei boschi di quercia farnia in Lombardia su base genetica”.

Per la verifica di tali ipotesi il protocollo applicato ha previsto lo studio del DNA neutrale, influenzato prevalentemente da fenomeni demografici passati (come migrazioni, flusso genico, espansioni e contrazioni demografiche) e i risultati ottenuti si sono dimostrati in contraddizione rispetto alle premesse, sia per quanto riguarda i livelli della diversità genetica tra popolazioni che per quanto concerne la sua distribuzione spaziale, come ampiamente discusso nel Report Finale “Servizi di assistenza tecnica in ambito forestale per la definizione di criteri e linee guida nella gestione dei querceti lombardi” prodotto per l’Azione C.14 di LIFE GESTIRE 2020, da cui queste linee guida scaturiscono, e coerentemente con risultati di studi simili presenti in letteratura internazionale (da qui la modifica del titolo, rispetto all’originale previsto).

Gli studi condotti hanno comunque consentito di mettere evidenza altre criticità che attualmente interessano i boschi lombardi di farnia, in base alle quali sono state redatte le presenti linee guida, indirizzare a fornire indicazioni utili a mitigarle e/o contrastarle.

1. INQUADRAMENTO GENETICO ED ECOLOGICO DEI QUERCETI PLANIZIALI LOMBARDI

Gli studi condotti, ai fini della redazione delle presenti LG, sono stati realizzati in 5 popolazioni a farnia considerate come rappresentative delle diverse condizioni ecologiche, geomorfologiche e strutturali delle popolazioni lombarde, già individuate nell'ambito dell'Azione A.6. La rappresentatività dei 5 siti indagati (così come descritta nel Capitolato Tecnico del Servizio che ha condotto alla redazione presente documento), è riportata di seguito, mentre la loro localizzazione è rappresentata in **Figura 1.1**:

Sito 1 - Parco delle Groane (MI) [45.667552 N; 9.096442 E]

"L'area è stata oggetto di una tempesta di vento che ha determinato forti lacune nella copertura arborea. La struttura è quindi assimilabile a quella che si avrebbe dopo un taglio di sementazione (o a buche). Dopo l'evento è stata fatta una ripulitura. L'area si presta ad un monitoraggio della rinnovazione di quercia ed all'analisi della concorrenza tra semenzali e ricacci delle altre specie."

Sito 2 - Fagiana (MI) [45.4343 N; 8.8285 E].

"È un Quercio-carpineto maturo, pronto alla fase di rinnovazione. Assieme al sito 3, questa area è stata scelta per la sua rappresentatività delle principali formazioni a farnia nel Parco."

Sito 3 -Geraci (MI) [45.2780 N; 8.9879 E]

"È un esempio di foresta planiziali con buona struttura e corredo di specie."

Sito 4 -Paladina (BG) [45.728560 N; 9.624607 E]

"È una fustaia adulta, scelta come rappresentativa delle farnete orientali."

Sito 5 - Capriano del Colle (BS) [45.450437 N; 10.149221 E]

"È costituito da una fustaia adulta, che dovrà essere tenuta come esempio di riferimento per la strutturazione del lavoro da svolgere, essendo già stata usata come modello precorritore di gestione selvicolturale su base genetica. Questa prima esperienza fu condotta dopo l'analisi genetica della popolazione e la spazializzazione dei cluster genetici sul terreno (Ducci e Proietti, 2007)."

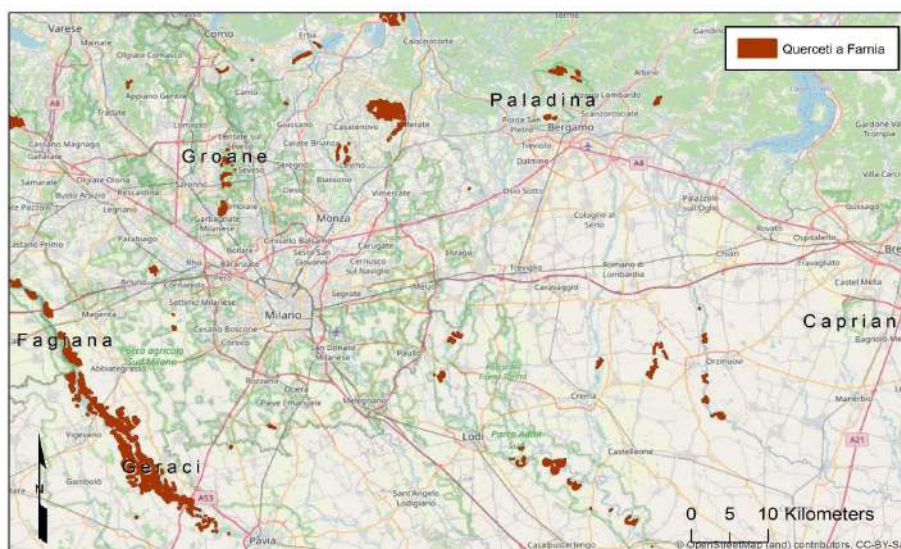


Figura 1.1 - Localizzazione delle cinque popolazioni studiate e distribuzione della farnia nel territorio in cui esse sono dislocate.

1.1. Aspetti strutturali ed ecologici

I boschi a farnia sono ambienti di elevato interesse culturale, naturalistico, paesaggistico e produttivo e rappresentano le formazioni forestali più evolute della Pianura Padana. In questi popolamenti le specie caratteristiche sono la farnia e il carpino bianco, accompagnati da una varietà piuttosto ampia di altre specie come olmi, aceri, frassini e altre latifoglie. Questi boschi costituiscono ambienti di interesse comunitario classificati, nell'ambito della Rete Natura 2000, con i codici 9160 (Querceti di farnia o rovere subatlantici e dell'Europa centrale del *Carpinion betuli*), 91F0 (Foreste miste riparie di grandi fiumi dell'*Ulmion minoris* a *Quercus robur*, *Ulmus laevis* e *Ulmus minor*, *Fraxinus excelsior* o *Fraxinus angustifolia*), 9190 (Vecchi querceti acidofili delle pianure sabbiose con *Quercus robur*), e 91L0 (Querceti di rovere illirici dell'alleanza *Erythronio-Carpinion*).

Da un punto di vista dell'assetto strutturale all'interno dei querceti indagati, il popolamento principale (individui dominanti) è in generale rappresentato da grossi individui di farnia, a volte accompagnati da singoli individui di pioppo bianco o pioppo nero. Al di sotto dello strato delle farnie si distribuiscono su uno o più piani verticali tutte le altre latifoglie (**Figura 1.2**). Questi popolamenti sono solitamente caratterizzati da un elevato livello di isolamento rispetto alle altre porzioni di territorio boscato e risultano immersi in una matrice agricolo-rurale e alle volte urbana (**Figura 1.3**).

Complessivamente si tratta di popolamenti relativamente giovani con gli individui dominanti più vecchi che raramente superano i 100 anni di età, ma relativamente ricchi di biomassa (volumi cormometrici medi superiori ai 400 m³) in conseguenza dell'elevata fertilità stagionale.

Nella maggior parte dei casi, attualmente, i popolamenti sono gestiti prevalentemente per interventi di carattere conservativo, migliorativo o fitosanitario. Da un punto di vista del governo del bosco, le farnie adulte sono originate da seme, così come gli individui di altre specie che si trovano attualmente nel piano dominante, mentre nei piani intermedi e dominati si trovano spesso tracce passate e recenti di ceduzioni. L'assenza attuale di gestione favorisce oggi l'aumento del numero di individui nati da seme e della frequenza di polloni affrancati.

Per quanto riguarda la rinnovazione della farnia, specie di principale interesse per questi habitat, la situazione più diffusa vede una sua discreta presenza allo stadio di semenzale ($h < 20$ cm), a volte anche in densità considerevoli (**Figura 1.4**). Trattandosi però di una specie fortemente eliofila, l'affermazione dei semenzali in vera e propria rinnovazione forestale avviene soprattutto dove, in conseguenza di tagli selvicolturali o disturbi naturali, c'è una interruzione della copertura arborea. Queste stesse condizioni stagionali, incrementando la luminosità nel sottobosco, favoriscono però la diffusione di altre specie pioniere, spesso esotiche, che competono fortemente con la rinnovazione di farnia. Oltre alla competizione con le esotiche, altri fenomeni contribuiscono a minacciare l'affermazione della rinnovazione di farnia. Il disturbo dovuto a fattori biotici, quali la fauna selvatica e i patogeni fungini come il mal bianco della quercia *Microsphaera alphitoides* Griff. et Maubl, ne sono due importanti esempi (**Gonthier et al. 2011**) (**Figura 1.5**). Nella maggior parte dei casi, gli individui di rinnovazione non superano i 40 cm di altezza, con i valori più rappresentati intorno ai 20 cm. Si sottolinea quindi che il processo di affermazione della rinnovazione della farnia costituisce un'importante criticità che, insieme ad altri fattori, potrebbe compromettere la conservazione di questi popolamenti.



Figura 1.2 – Esempi di stratificazioni in alcuni querceti lombardi

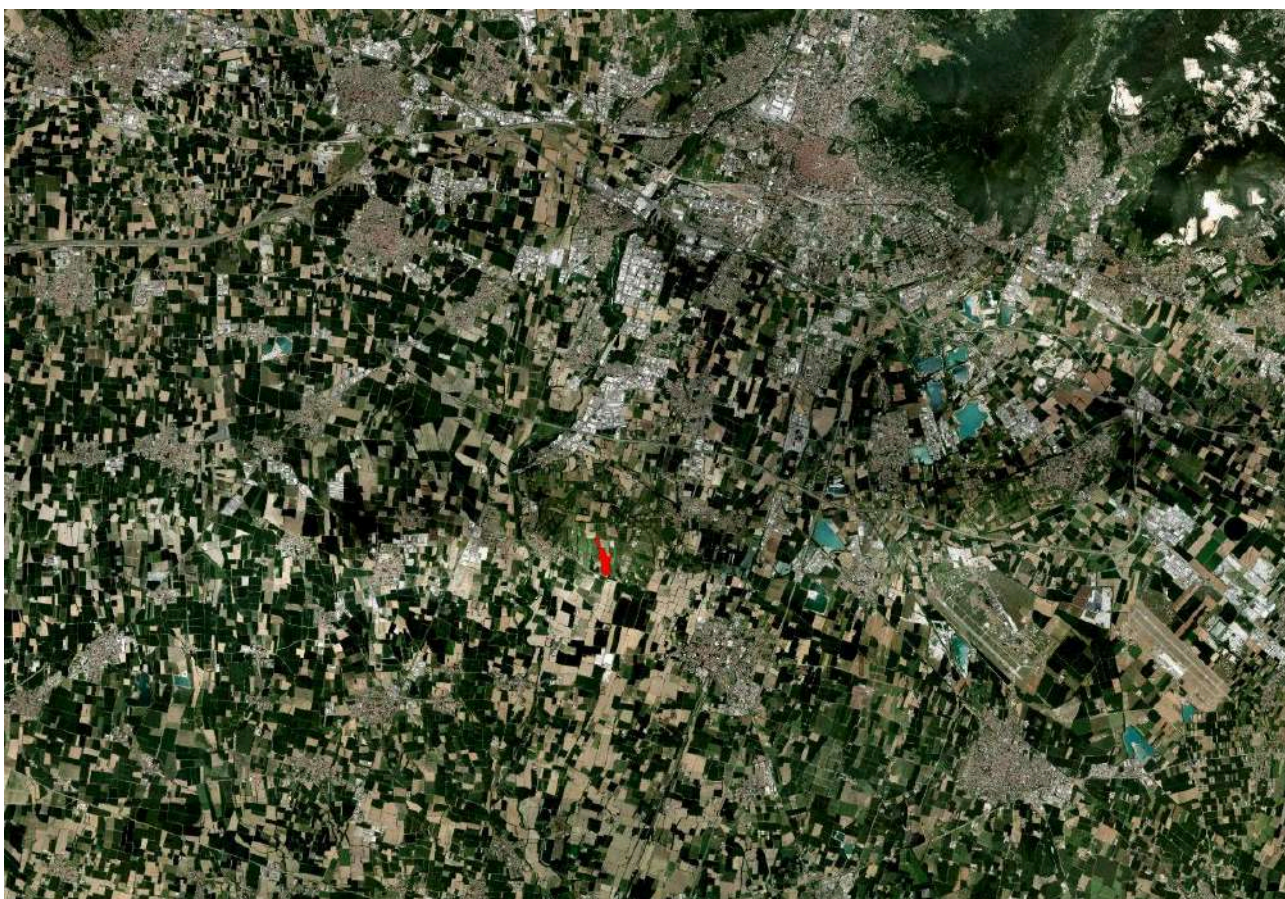


Figura 1.3 - Esempio di isolamento estremo di alcuni nuclei di farnia lombardi – Popolazione di Capriano del Colle (in rosso al centro della foto), una delle popolazioni considerate rappresentative dei querceti lombardi (vedi anche Figura 1.1).



Figura 1.4 – Plantule di farnia a Geraci



Figura 1.5 – Rinnovazione di farnia a Geraci, dopo annata di pasciona. Si può osservare che la maggior parte delle plantule sono affette da mal bianco.

Analisi basate sulla trasparenza della chioma hanno messo in evidenza che, come per la maggior parte dei querceti della pianura Padana, anche quelli lombardi sono soggetti al fenomeno del deperimento che colpisce soprattutto le farnie (**Gentilesca et al. 2017; Gonthier et al. 2011**). Il deperimento della farnia è un fenomeno complesso in cui sono coinvolti molteplici fattori di natura biotica e abiotica. Complessivamente consiste nella perdita di vitalità, efficienza, resistenza e resilienza e si manifesta con un decorso progressivo, determinando in certi casi anche la morte degli individui colpiti (**Figura 1.6**). E' attualmente in corso un progetto ("RESQ - Deperimento della quercia nei boschi planiziali: studio multidisciplinare per la selezione di risorse genetiche resistenti" (finanziato da Regione Lombardia, <https://resq.unipv.it>), proprio finalizzato a indagare nel dettaglio i fattori maggiormente coinvolti nel deperimento della specie per sviluppare strategie efficaci nel limitare tale fenomeno, con una particolare attenzione alla selezione e produzione di materiale con caratteristiche di resistenza, utile per la riforestazione e l'afforestazione.



Figura 1.6 – Esempio di farnia deperiente, in cui si può osservare una estrema riduzione della chioma.

Come già sottolineato, un’ulteriore criticità presente in molti popolamenti è la compresenza di specie non autoctone (non native trees o NNT) adattatesi al nostro ecosistema, quali la robinia (*Robinia pseudoacacia* L.) o invasive quali il ciliegio tardivo (*Prunus serotina* Ehrh.) la quercia rossa (*Quercus rubra* L.) e, nelle aree di bordo, l’ailanto (*Ailantus altissima* (Mill.) Swingle) (**Figura 1.7**). Si tratta di specie spesso molto diffuse anche nello stadio di rinnovazione, dove condividono gli spazi con altre invasive a carattere arbustivo ed erbaceo. La distribuzione spaziale di queste specie invasive non è uniforme e probabilmente è la conseguenza di disturbi naturali e antropici avvenuti in passato o ancora in corso. Queste condizioni, unitamente alla frammentazione dei popolamenti e all’interfaccia con zone fortemente antropizzate e agricole, ha favorito direttamente l’ingresso delle invasive o creato condizioni di illuminazione indiretta insufficienti per specie eliofile come la farnia, ma sufficienti per le specie esotiche. La lotta diretta e le altre forme di contenimento attuate in questi ultimi decenni nei confronti delle specie esotiche invasive, anche attraverso l’uso di ingenti risorse economiche, non hanno dato i risultati attesi (**Bianchi et al. 2013; Colaone 2017; Motta Fré, Motta 2000**) e dunque il problema resta ancora aperto.

Per quanto riguarda la gestione passata, questa sicuramente ha lasciato una traccia ancora molto evidente sulla struttura e composizione dei popolamenti a farnia attuali. Uno dei modelli tradizionali di gestione di questi boschi (poco frequente in Lombardia) vedeva una componente a ceduo di carpino bianco e altre specie secondarie sotto la copertura di una fustaia rada di farnia, rovere e cerro. Questo modello aveva una duplice funzione: la ceduazione a turno breve serviva a fornire legna da ardere, mentre dal taglio della fustaia si poteva ricavare legname da opera. Inoltre la fustaia rada era adatta al pascolo e alla caccia (**Camerano et al. 2010**).



Figura 1.7 – Specie esotiche invasive diffuse nei querceti lombardi. A) robinia (*Robinia pseudoacacia* L.); B) ciliegio tardivo (*Prunus serotina* Ehrh.); C) quercia rossa (*Quercus rubra* L.); D) ailanto (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle).

In tempi più recenti con l'arrivo delle specie esotiche, unito all'allungamento dei turni del ceduo e al sistematico prelievo di singoli individui di farnia, si è assistito ad una irregolarizzazione strutturale di questi boschi con forte aumento della componente di specie esotiche, soprattutto nei piani intermedi e dominati, ed interruzione delle possibilità di rinnovazione per le specie eliofile originarie. Nella maggior parte dei boschi analizzati, trattandosi di piccoli relitti in ambiti degradati, fortemente antropizzati o con forte interazione con le attività agricole, non è possibile, dal disordine strutturale attuale, delineare la gestione passata prevalente.

I 5 popolamenti analizzati presentano una struttura caratterizzata da uno strato dominante di farnia sotto al quale si sviluppa uno strato dominato di carpino e in alcuni casi di specie alloctone invasive. Tra le specie dominanti tipiche del querceto-carpinetto troviamo: *Q. robur* (26%), *C. betulus* (23%) e *A. glutinosa* (9%). Tra le specie alloctone con presenza significativa abbiamo: *P. serotina* (11%) e *R. pseudoacacia* (11%). Come già accennato, i popolamenti studiati sono piuttosto giovani, di norma al di sotto dei 100 anni, ma con qualche eccezione, come Capriano del Colle che ha un'età massima rilevata di 159 anni. Tutti i siti studiati evidenziano una scarsa presenza di necromassa, tipica di popolamenti gestiti, ed una buona presenza di rinnovazione di farnia, anche se presente solamente nella fase di semenzale e quindi non necessariamente destinata a sopravvivere ed affermarsi.

Per quanto riguarda l'accrescimento, gli incrementi radiali delle farnie dominanti, pur presentando un'importante variabilità sito-specifica, cioè strettamente legata alle condizioni del sito, evidenziano una frequente riduzione d'accrescimento nell'ultimo ventennio. In particolare, alcuni individui risultano fortemente deperienti (**Figura 1.8**). Maggiori informazioni sul fenomeno del deperimento e sulle sue possibili cause saranno fornite dai risultati di indagini più approfondite e condotte attualmente dal Progetto ResQ.

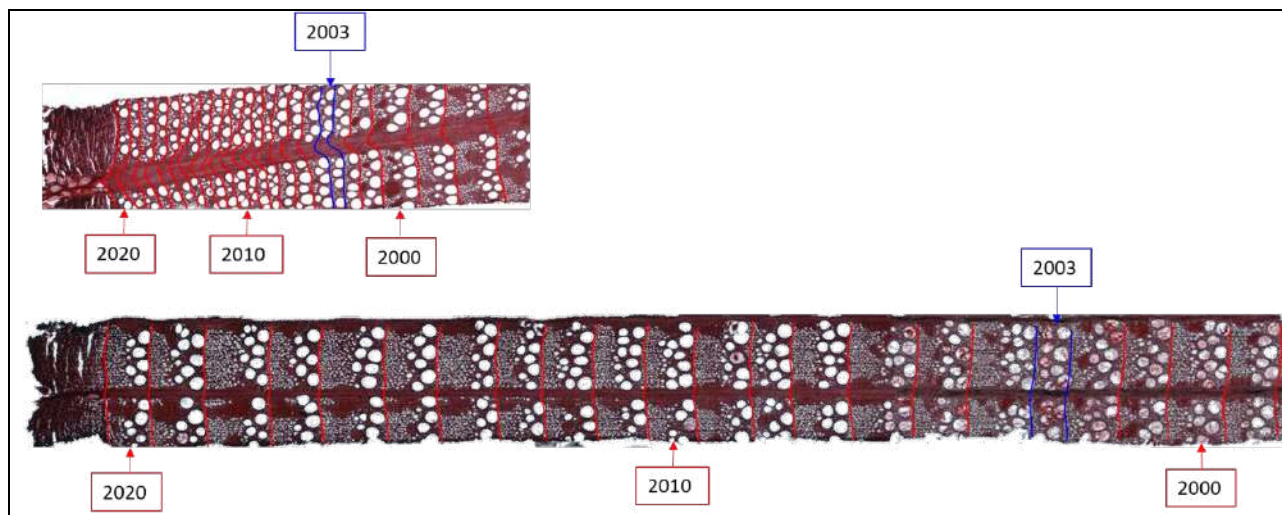


Figura 1.8 – Campioni incrementali (carote) da individui di farnia alla Fagiana, che mostrano la diversità di accrescimento annuale che si può osservare tra individui deperienti (in alto e individui apparentemente sani (in basso). In rosso sono messi in evidenza i limiti degli anelli annuali, in blu è evidenziato l'anno 2003, di dimensioni particolarmente ridotte in entrambi i casi.

Coerentemente con quanto si rileva di norma nei siti mesici, la crescita radiale non è controllata da un singolo fattore limitante costante nel tempo e perciò, per quanto riguarda il ruolo del clima, risulta difficile identificare un segnale climatico univoco.

In particolare i popolamenti più giovani presentano un accrescimento tipicamente giovanile, ancora fortemente influenzato dalle condizioni micro-stazionali che tendono a mascherare un'eventuale ruolo dei fattori climatici.

Al contrario, nei popolamenti più maturi (Fagiana, Groane e Capriano del Colle) la siccità estiva sembra avere un ruolo importante nel limitare l'accrescimento, soprattutto se accompagnata da elevate temperature.

L'importanza delle condizioni climatiche del periodo estivo risulta confermata per tutte le popolazioni (anche le più giovani), se si considerano gli anni caratterizzati da valori estremi, come il 1974, il 2013 e il 2017.

Inoltre l'accrescimento è influenzato negativamente anche da elevate temperature al termine della stagione precedente (settembre), suggerendo che temperature particolarmente elevate a fine estate possono contribuire a mantenere elevati i consumi a discapito dello stoccaggio delle riserve necessarie alla ripresa vegetativa nella stagione successiva.

Entrambe le relazioni individuate risultano particolarmente importanti nel contesto degli attuali cambiamenti climatici, che prevedono un innalzamento delle temperature e un aumento dei periodi siccitosi, entrambi elementi che sembrano avere effetti negativi sull'accrescimento annuale.

La ricchezza microfungina a livello fogliare, mostrata dagli esemplari di farnia studiati, appare relativamente elevata e comprende sia taxa peculiari di una sola località che taxa comuni ai vari siti analizzati. Quasi tutte le specie rilevate risultano essere ubiquitarie o ad ampia distribuzione e generalmente innocue.

Alcuni ritrovamenti meritano però particolare attenzione. Tra questi l'isolamento di due taxa inattesi e raramente segnalati in querceti a farnia: *Trichoderma* spp. (assente solamente a Paladina), genere a cui appartengono microfunghi del suolo fertile, capaci di competere con alcuni fitopatogeni, e *Pestalotiopsis* sp. (Groane, Geraci e Capriano del Colle), genere che comprende specie con discrete potenzialità patogene.

Dal punto di vista **fitopatologico**, poi, speciale attenzione meritano 2 specie catalogabili come potenzialmente patogene: *Tubakia dryina* (rilevata a Groane), considerata come patogeno quiescente/endofitico, e *Fusarium proliferatum* (presente in tutti e 5 i siti studiati). Quest'ultima specie è considerata come "patogeno di debolezza", cioè priva di un'attività patogenica primaria, ma capace di un ruolo importante nella manifestazione del deperimento al verificarsi di determinate condizioni ambientali. Essa viene associata a fenomeni di deperimento in molte specie. Nel deperimento di *Quercus robur* possono dunque intervenire, nella fase avanzata del declino, alcuni microrganismi fungini ad attitudine debolmente patogena o endofitica, in grado di colonizzare i tessuti vegetali per molto tempo senza provocare danni apparenti.

1.2. Aspetti genetici

Come anticipato nelle premesse, le ipotesi e le tesi iniziali sono venute meno grazie agli studi condotti. Infatti, dallo studio delle caratteristiche genetiche neutrali delle popolazioni di farnia indagate, mediante marcatori microsatellite nucleari, è emerso che:

- La struttura genetica delle popolazioni lombarde di farnia è molto debole, con coefficienti di differenziazione prossimi a zero, indice che il flusso genico non è stato limitato.
- La variabilità genetica è, in generale, omogeneamente distribuita tra le aree di studio, così come tra i plot e le generazioni indagati in ciascuna area di studio. Tale risultato rappresenta un'ulteriore conferma che il flusso genico tra ed entro popolazioni non è limitato e che nessuna delle popolazioni indagate mostra evidenti segnali di depauperamento genetico.
- La struttura genetica spaziale a scala locale è debole, ribadendo la generale assenza di evidenti limitazioni al flusso genico, anche per quanto riguarda la disseminazione.

A conferma di una situazione non ancora compromessa per quanto riguarda le dinamiche riproduttive nelle popolazioni lombarde, solo per una popolazione (Fagiana) è stato trovato un coefficiente di *inbreeding* statisticamente superiore a zero. In tale popolazione, unitamente a quella di Capriano del Colle, le dimensioni effettive della popolazione sono risultate inferiori a 100 alberi. Questo significa che, ad esempio, a fronte di numeri decisamente alti di alberi presenti (migliaia), solamente 100, cioè una piccola percentuale, contribuiscono a generare le caratteristiche genetiche della generazione successiva. Tale disparità è considerata un serio campanello d'allarme, indice di un declino demografico, che avrà un impatto sui parametri che descrivono la diversità genetica. La popolazione di Capriano del Colle è, inoltre, l'unica per la quale è stato evidenziato un recente marcato calo demografico (collo di bottiglia o *bottleneck*), che ha lasciato un segnale nella composizione genetica, oltre a una debole struttura familiare che si protrae fino a ~100 m (segnale che di norma in specie che disperdono il polline su lunghe distanze decade dopo poche decine di

metri). Le due popolazioni di Fagiana e Capriano del Colle rappresentano quindi i siti in cui gli interventi gestionali descritti nei capitoli successivi dovrebbero essere applicati prioritariamente.

2. ELEMENTI PER LA CONSERVAZIONE DEI QUERCETI LOMBARDI

Sulla base degli aspetti genetici, ecologici e strutturali emersi dagli studi, e in riferimento a diversi studi e indirizzi selvicolturali in uso per la definizione dei criteri di conservazione dei quercocarpineti europei, si riportano di seguito le indicazioni ritenute utili ai fini gestionali. Tali indicazioni sono da ritenersi valide, a carattere generale, per tutti i boschi di farnia lombardi in cui si riterrà di intervenire, poiché, da un punto di vista genetico, non sono state riscontrate particolari emergenze legate alla rappresentatività delle popolazioni studiate.

2.1. Obiettivi degli interventi

Al fine di conservare al meglio le funzionalità e il potenziale adattativo dei boschi a farnia gli interventi devono mirare a:

- a. Migliorare la diversità strutturale dei popolamenti e la biodiversità specifica per aumentarne il carattere di resilienza.
- b. Evitare l'impoverimento del patrimonio genetico e massimizzare il potenziale adattativo della farnia.
- c. Migliorare la possibilità di rinnovazione della farnia per mantenere elevato il flusso genico.
- d. Assistere e facilitare la rinnovazione forestale di farnia e di specie autoctone caratteristiche dell'habitat.
- e. Valorizzare i singoli individui di farnia che mostrino segnali di resistenza al deperimento, per esempio mostrando buone condizioni della chioma anche in presenza di deperimento diffuso.
- f. All'interno delle aree selezionate per interventi, valutare la performance, in termini di crescita e resistenza agli stress ambientali, delle diverse provenienze lombarde, oltre che di eventuali ulteriori provenienze, in particolare da aree in cui potrebbero presentarsi genotipi pre-adattati agli effetti del cambiamento climatico (esperimenti di migrazione assistita).

2.2. Analisi preliminari agli interventi

La pianificazione di interventi selvicolturali necessita di un elevato grado di conoscenza delle dinamiche naturali e antropiche che regolano i delicati equilibri dell'ecosistema foresta. Considerando inoltre l'importante variabilità e complessità che caratterizza i singoli popolamenti di farnia lombardi, si ritiene indispensabile effettuare un'analisi preliminare volta alla valutazione degli elementi critici che caratterizzano il popolamento oggetto dell'intervento, quali il deperimento del popolamento, la presenza di specie esotiche, la passata gestione, il livello di frammentazione e la scarsa presenza di rinnovazione. Importanti indicazioni a questo proposito possono essere reperite

nelle “Schede tecniche di intervento (Criteri tecnico-scientifici di *best practice* per la progettazione di interventi di miglioramento e conservazione dei querceti in Lombardia), in particolare nel Capitolo 1 (Casistica di querceti), prodotte con l’Azione A.18 (A.A.V.V. 2020). Il risultato di questa analisi permetterà una più corretta scelta del tipo di intervento selvicolturale da realizzare.

3. LA GESTIONE DEI QUERCETI LOMBARDI

3.1 Introduzione

Nel passato la funzione prevalente dei querceti planiziali era la produzione di legname di pregio (quercia) e di legna da ardere (le altre specie). Per raggiungere questi obiettivi la maggior parte dei querceti italiani ed europei avevano una struttura monostratificata o biplana con il piano dominante rappresentato dalle querce.

Ancora oggi a livello europeo nei querceti planiziali prevalgono strutture tendenzialmente pure e uniformi derivanti dall’applicazione dei tagli successivi a turni lunghi (**Figura 3.1**). Queste strutture sono ideali per valorizzare la funzione produttiva (finalizzata soprattutto alla valorizzazione del pregiato legname di quercia), ma necessitano di ampie superfici ed espongono maggiormente i querceti agli effetti del deperimento. In Italia, e in particolare nella Pianura Padana, però tagli successivi a turni lunghi risultano di difficile applicazione per diverse ragioni, tra cui limiti stagionali, elevata diffusione di specie esotiche invasive, frammentazione strutturale e patrimoniale dei popolamenti (**A.A.V.V., 2011**).

Inoltre, negli ultimi decenni, è emerso con maggiore chiarezza il valore della multifunzionalità di questi boschi, e di conseguenza la necessità sempre più pressante di una loro tutela, considerandone la drastica riduzione in estensione legata allo sviluppo, prima agricolo e poi urbanistico. In questo contesto le strutture più idonee a valorizzare la multifunzionalità risultano essere quelle irregolari e pluristratificate.

Per raggiungere tale obiettivo è quindi opportuno passare, dove possibile, da trattamenti andanti su ampie superfici a prelievi per piede d’albero o per gruppi (buche) e preservare la diversità specifica e strutturale dei popolamenti, accrescendone la plasticità e la resilienza a fronte di rapidi cambiamenti dei fattori ambientali.

L’orientamento verso strutture articolate trattate a tagli a scelta/buche contribuisce anche a mitigare l’impatto di eventi meteorici estremi quali le tempeste estive, sempre più frequenti negli ultimi anni.

Il raggiungimento di questi obiettivi gestionali presenta però importanti ostacoli da superare, tra i quali i due più importanti sono: il contenimento delle specie esotiche e la carenza di rinnovazione naturale della farnia.



Figura 3.1 – Esempio di struttura monoplana alle Groane

3.2 Contenimento delle specie esotiche

Per quanto riguarda il contenimento delle specie esotiche invasive, si riportano alcune indicazioni selvicolturali per le principali specie che minacciano i boschi a farnia.

Particolare attenzione deve essere posta alla presenza di specie esotiche invasive sia arboree, quali il ciliegio tardivo (*Prunus serotina* Ehrh), la quercia rossa (*Quercus rubra* L.) e l'ailanto (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle), sia erbacee come il poligono giapponese (*Reynoutria japonica* Houtt.) e la fitolacca (*Phytolacca americana* L.). Queste specie esotiche spesso traggono vantaggio dallo stato di deperimento delle specie autoctone e dagli interventi di messa in luce.

Nel caso in cui le specie esotiche invasive siano presenti in misura rilevante occorre ponderare attentamente la possibilità e le modalità di intervento, per evitare di intraprendere misure inefficaci e costose. Valutata l'opportunità di intervenire, occorre innanzitutto ridurre la quantità di seme disperso eliminando i portaseme; successivamente è necessario contenere i ricacci e il novellame.

Occorre prestare particolare attenzione alle specie che emettono polloni radicali, tra queste soprattutto il ciliegio tardivo, in quanto specie sciafila, in grado di fruttificare già dopo 4-5 anni di età, e il cui seme resta a lungo vitale. Di seguito alcune indicazioni selvicolturali frutto di esperienze in popolamenti planiziali del Piemonte (A.A.V.V., 2011).

Ailanthus altissima

- 1) Per individui con diametro a petto d'uomo (DBH) > 30 cm, taglio degli individui portaseme per evitare diffusione a lungo raggio; trattamento chimico con spennellatura sulla ceppaia.
- 2) Per individui con DBH < 30 cm e h > 200 cm, cercinatura dei tronchi, ossia eliminazione della corteccia e incisione del tronco fino al cambio, per una fascia di almeno 15 cm, ad una altezza di circa 100 cm. Questa pratica deve essere effettuata in primavera alla ripresa vegetativa della pianta quando è massima la pressione dei flussi di linfa all'interno. La cercinatura può essere effettuata con una motosega o con una roncola a mano a seconda delle dimensioni della pianta. Gli esemplari soggetti a cercinatura (adulti, giovani e polloni) dovranno essere lasciati morire in piedi.
- 3) Per individui nelle prime fasi di sviluppo (h < 200 cm), estirpazione con attrezzi manuali.

Quercus rubra

- 1) Per individui con h > 200 cm, taglio di tutti gli individui.
- 2) Per individui aventi h < 200 cm, estirpazione con attrezzi manuali.

Prunus serotina

- 1) Per individui con DBH > 30 cm, taglio degli individui portaseme per evitare diffusione a lungo raggio; trattamento chimico con spennellatura sulla ceppaia.
- 2) Per individui con DBH < 30 cm e h > 200 cm, cercinatura dei tronchi secondo le modalità sopra illustrate.
- 3) Per individui nelle prime fasi di sviluppo (h < 200 cm), estirpazione manuale.

Robinia pseudoacacia

- 1) Per individui con diametro DBH > 30 cm, taglio degli individui portaseme per evitare diffusione a lungo raggio; trattamento chimico con spennellatura sulla ceppaia.
- 2) Per individui con DBH < 30 cm e h > 200 cm, cercinatura dei tronchi secondo le modalità sopra illustrate.
- 3) Per individui nelle prime fasi di sviluppo (h < 200 cm), estirpazione manuale.

3.3 Strategie per favorire la rinnovazione naturale di farnia in foresta

Nei querceti, ancorché deperienti, la rinnovazione naturale del carpino e di altre specie di latifoglie autoctone non incontra particolari difficoltà di insediamento. Viceversa, l'affermazione del novellame di farnia è particolarmente difficile poiché la specie è eliofila, ad accrescimento lento e poco competitiva (nel passato l'insediamento della farnia, nella maggior parte delle foreste europee, è stato favorito direttamente o indirettamente dall'uomo). Conseguentemente, condizioni di eccessivo ombreggiamento a livello del suolo, la presenza di un sottobosco denso e competitivo e attacchi di mal bianco possono causare un'elevata mortalità dei semenzali.

L'affermazione dei semenzali di farnia mediante rinnovazione naturale dipende da diversi fattori che agiscono in due momenti: nella fase di produzione del seme e nella fase di insediamento e sviluppo delle piantine.

La rinnovazione delle querce in boschi misti ha una discreta probabilità di insediarsi con successo intervenendo con la liberazione precoce dei semenzali nati dopo le annate di pasciona. Le prime valutazioni sul verificarsi di una eventuale pasciona possono essere effettuate già nella stagione estiva precedente all'emersione delle plantule, osservando la produzione di seme.

Tuttavia, prima di intervenire sui gruppi per la loro messa in luce, è preferibile attendere la successiva primavera/inizio estate per accertare che i semenzali si siano effettivamente insediati e abbiano raggiunto un'adeguata densità.

Infatti, intervenire nella stagione precedente potrebbe essere rischioso in caso di mancato o parziale sviluppo dei semenzali, poiché nelle aperture si potrebbero sviluppare specie esotiche invasive, o anche solo specie erbacee avventizie in grado di coprire il suolo e ostacolare il successivo insediamento della rinnovazione di farnia.

Prima di effettuare gli interventi sarà necessario verificare la presenza di condizioni idonee relativamente alla densità di semenzali e alle condizioni di luce al suolo.

Per quanto riguarda il primo aspetto si ritengono sufficienti densità di partenza pari a 50-100 piantine al m², mentre per quanto riguarda la quantità di luce al suolo i valori sono variabili anche in funzione della copertura offerta dalle specie arboree presenti.

Infatti, se la stazione è fertile e il piano dominante supera i 30 m di altezza, è necessario effettuare aperture di almeno 1000 m², mentre se ci si trova in un bosco meno fertile e in fase di deperimento l'ombreggiamento determinato da robinie e farnie con chiome parzialmente defogliate può non essere tale da influire negativamente sullo sviluppo iniziale delle piantine (A.A.V.V. 2011).

Nel caso in cui l'area sia caratterizzata da un'elevata densità di animali selvatici (lagomorfi o ungulati selvatici) in grado di compromettere lo sviluppo della rinnovazione tramite il brucamento degli apici vegetativi o altre forme di disturbo, si dovrebbe valutare l'opportunità di allestire una recinzione della zona selezionata, idonea ad impedire l'ingresso di animali. Per quanto riguarda il cinghiale, per esempio, si può ricorrere a recinti elettrificati di esclusione, preferibilmente a 3 fili, composti da pali in legno di 2 m di altezza. Ogni recinto necessita di un elettrificatore a batteria ricaricabile 9-12 V e un kit antifurto. In **Figura 3.2** è riportato uno schema esemplificativo. Questi recinti richiedono però un controllo ed una manutenzione onerosa e continua e sono quindi non applicabili a larga scala.

Da un punto di vista genetico sarebbe opportuno monitorare periodicamente le dinamiche della rinnovazione naturale nelle zone di intervento.

A tal fine si dovrebbe stimare la diversità genetica delle piante adulte circostanti l'area di intervento e di un campione casuale di almeno 30 piantine all'anno zero, per poi svolgere il medesimo campionamento della rinnovazione al terzo e sesto anno. Ciò permetterebbe di seguire l'andamento dei parametri genetici e verificare che non ci siano eccessivi cali di diversità genetica o aumenti di *inbreeding* nella nuova generazione. Il monitoraggio, dalle attività di campo alle analisi genetiche e statistiche, deve essere necessariamente svolto da un ente pubblico o privato con comprovata esperienza nel campo della genetica forestale. I marcatori molecolari utilizzati per produrre il dataset genetico raccolto nell'ambito del progetto LIFE GESTIRE 2020 e presentato nella Relazione tecnico-scientifica (Dicembre 2021) dell'azione C.14, a cui le presenti linee guida sono allegate, potrebbero svolgere il ruolo di valido (oltre che speditivo ed economico) strumento per valutare tali trend.

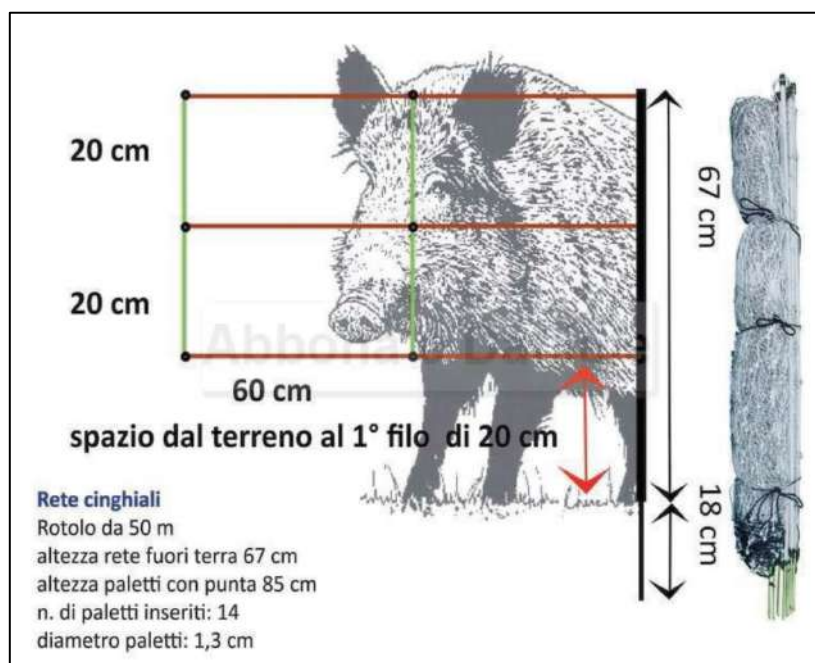


Figura 3.2 - Schema esemplificativo della recinzione per l'esclusione del cinghiale.

3.4 Ricorso alla rinnovazione artificiale

Dove le condizioni ecologiche del sito risultassero non idonee alla disseminazione naturale e/o all'insediamento di un numero sufficiente di semenzali di farnia, è possibile far ricorso a tecniche di rimboschimento artificiale tramite l'impiego di piantine allevate in vivaio. Qualora si propendesse per questa pratica è utile seguire alcuni criteri per aumentare la possibilità di riuscita dell'impianto. La provenienza dei semi è sicuramente il prerequisito necessario alla buona riuscita dell'impianto. A tal proposito si suggerisce di utilizzare sia materiale prelevato dall'impianto sperimentale da seme di Carpaneta, che materiale di provenienza locale. Per pratiche sperimentali più innovative, invece, si rimanda al **Box 1**.

A prescindere dalla specifica origine del materiale, esso andrà prelevato da un numero sufficiente di piante madri. Negli studi propedeutici alla redazione delle presenti Linee guida è stato dimostrato come, nel caso si selezioni una singola provenienza, è necessario prelevare i semi da almeno 25 piante madri per non incorrere in distorsioni delle caratteristiche genetiche della provenienza d'origine. Di fondamentale importanza è inoltre mantenere sempre traccia della provenienza per valutarne le performance.

In fase di impianto in bosco, è necessario scegliere con cura il sito in cui effettuare il rimboschimento. Le caratteristiche stazionali ed ecologiche devono essere adatte all'attecchimento e allo sviluppo delle piantine. La farnia è una specie eliofila con elevate esigenze di luce, si dovrà quindi porre particolare attenzione alle condizioni di illuminazione al suolo. Allo stesso tempo sarà necessario evitare aree in cui siano presenti potenziali rischi per l'affermazione della rinnovazione artificiale, come ad esempio la massiccia presenza nell'area di specie invasive a rapido accrescimento, oppure l'elevata densità di animali selvatici (lagomorfi o ungulati selvatici) in grado

di compromettere lo sviluppo delle piantine tramite il brucamento degli apici vegetativi. Per proteggere le piante dagli animali si consiglia l'impiego di recinzioni singole (*shelter*) o che includano l'intero nucleo d'impianto. L'eventuale presenza di erbe infestanti sarà da contenere tramite decespugliamento continuo principalmente durante la stagione primaverile ed estiva.

BOX 1 - PRATICHE INNOVATIVE PER LA SELEZIONE DEL MATERIALE DI IMPIANTO

In termini puramente sperimentali, si consiglia di utilizzare in Lombardia, oltre alle provenienze del bacino padano-veneto, anche piccoli lotti di provenienze da aree in cui potrebbero presentarsi genotipi pre-adattati agli effetti del cambiamento climatico (Italia centro-meridionale). A tal proposito si tenga presente che l'introduzione di materiale genetico non locale non rappresenta un rischio di inquinamento genetico fino al raggiungimento della maturità sessuale degli alberi che dovessero sopravvivere (per la farnia in situazioni di scarsa competizione è raggiunta solitamente dopo i 15-20 anni di età).

Nel caso successivi studi dimostrassero l'inutilità di tale arricchimento genetico, il puntuale tracciamento della provenienza di ciascun individuo garantirà la possibilità di facile e immediata eradicazione del materiale non locale. Nel caso invece si dimostrasse l'importanza di implementare pratiche di *assisted migration* e/o *assisted gene flow* (Aitken e Bemmels 2015) per la farnia in Italia, tali interventi rappresenterebbero preziose fonti di dati per disegnare correttamente, e su vasta scala, un programma più strutturato di azioni finalizzate a massimizzare il potenziale adattativo dei querceti lombardi.

La progettazione dell'impianto dovrà prevedere un periodo di monitoraggio e manutenzione di almeno 7 anni come previsto anche dal Ministero della Transizione Ecologica nella realizzazione di impianti per la mitigazione dei cambiamenti climatici, per garantire che le piantine non siano sottoposte a ulteriori minacce, dovute a periodi di siccità, competizione con lo strato erbaceo, arbustivo e arboreo o danneggiamento da parte di animali, oltre al possibile forte stress dovuto al trapianto e alle nuove condizioni di accrescimento.

La scelta del periodo di realizzazione dell'impianto sarà fondamentale. È buona pratica eseguire il rimboschimento durante i mesi autunnali (ottobre/novembre) oppure in quelli primaverili prima della ripresa del ciclo vegetativo.

L'area che ospiterà l'impianto dovrà essere preparata, se necessario, tramite una lavorazione meccanica e superficiale del terreno mirata a interrompere gli apparati radicali della vegetazione erbacea già presente.

Per quanto riguarda il sesto d'impianto da utilizzare, si consiglia di prevedere nuclei densi di farnie (area di insidenza pari a circa 0.25 m²) con distribuzione non regolare delle piante. I nuclei saranno composti da un numero variabile di piantine, comunque non inferiore a 20. Si consiglia di utilizzare semenzali di almeno 3 anni di età e 30 cm di altezza, vigorosi e con apparato radicale ben sviluppato. Già dalla fase di impianto è opportuno indirizzare i popolamenti verso strutture articolate e pluristratificate distribuendo, quando possibile, gli interventi di impianto artificiale in modo adeguato nello spazio e nel tempo.

4. CONCLUSIONI

Le strutture irregolari che attualmente caratterizzano la maggior parte dei querceti lombardi sono il risultato della marcata antropizzazione del passato (con forte diffusione del governo a ceduo, applicato soprattutto al carpino bianco e alle altre latifoglie presenti) seguita dall'abbandono o dalla gestione irregolare nel tempo e nello spazio osservate negli ultimi decenni. Questi habitat rappresentano oggi dei paesaggi culturali rilevanti, nati dall'interazione delle attività dell'uomo con l'ambiente naturale. Tuttavia, la loro conservazione è una priorità che non può essere perseguita con le modalità colturali del passato.

Ai fini della conservazione di questi habitat, l'abbandono, cioè la cessazione di tutti gli interventi selvicolturali, potrebbe essere una opzione applicabile (abbinata ad un monitoraggio sulla dinamica di popolazione) all'interno di popolamenti in buono stato di conservazione, con strutture pluristratificate, assenza di specie esotiche, limitata contaminazione delle attività agricole e dell'interfaccia foresta-agricoltura (Riserve forestali o aree di protezione integrale) al fine di avere delle aree di riferimento e di studio (tipo foreste vetuste).

Questa opzione non garantisce però, come richiesto dalla Rete Natura 2000, la conservazione a lungo termine degli habitat considerati che hanno una componente "culturale" rilevante. Infatti nelle regioni europee dove esistono ancora ampie superfici naturaliformi di questi popolamenti, con la cessazione delle attività colturali e gestionali si è osservata una forte riduzione della presenza di farnia (**Saniga et al. 2014**).

Nelle fustaie di farnia ancora in parte gestite, ampiamente diffuse in centro-Europa, prevalgono strutture tendenzialmente pure e uniformi, derivanti dall'applicazione dei tagli successivi a turni lunghi. Queste strutture, oltre a richiedere una dispendiosa gestione selvicolturale attraverso l'applicazione di tagli intercalari, espongono maggiormente i querceti agli effetti del deperimento e all'invasione di specie esotiche (**Ebone et al. 2015**). Inoltre, i tagli successivi a turni lunghi, risulterebbero di difficile applicazione per l'estrema frammentazione dei querceti lombardi.

Per soddisfare i criteri di multifunzionalità attualmente richiesti, la struttura più adeguata è quella disetanea o irregolare. Nei boschi che presentano questa struttura, unita ad una bassa incidenza delle specie esotiche, l'applicazione di tagli a scelta/tagli a buche su piccole superfici è una modalità di gestione adeguata alla conservazione della struttura e dei processi di rinnovazione. Questa modalità potrebbe permettere, infatti, non solo di conservare la peculiarità dell'habitat e di valorizzare la diversità specifica e strutturale dei popolamenti, ma anche di accrescerne la plasticità, il potenziale adattativo e, in ultima analisi, la resilienza a fronte di rapidi cambiamenti dei fattori ambientali e di eventi meteorici estremi quali le tempeste da vento che sono state molto frequenti in questi ultimi due decenni (**Mölder et al. 2019; EUFORGEN 2021**).

La presenza di strutture articolate, con alternanza di vuoti e pieni all'interno del popolamento, unita all'incidenza dei disturbi naturali dovrebbe garantire anche la rinnovazione di un'adeguata quota di farnia (**de Turckheim e Bruciamacchie 2005**). Infine, nei popolamenti della Pianura lombarda che hanno avuto la possibilità di raggiungere fasi più evolute della successione (come alcuni popolamenti della Fagiana o la Riserva Bosco Negri), si è visto che le dinamiche naturali in boschi intensamente utilizzati nel passato (*rewilding*) possono contribuire al controllo delle esotiche, ma con una progressiva riduzione della componente di farnia (**Motta et al. 2009**).

Nella maggior parte degli attuali popolamenti, con struttura irregolare e forte presenza di specie esotiche, non è però opportuno applicare tagli a scelta o tagli a buche su piccole superfici, in quanto, in seguito all'applicazione di questi interventi, non è possibile ottenere la rinnovazione di una specie eliofila come la quercia. L'insediamento e lo sviluppo dei semenzali di farnia richiedono la presenza di luce e la disponibilità di seme (annate di pasciona).

In questi popolamenti a volte è possibile individuare e valorizzare i processi di rinnovazione naturale già presenti: aperture dovute a schianti da vento e a fenomeni di mortalità o deperimento, che hanno creato condizioni favorevoli all'insediamento della farnia, possono eventualmente essere ampliate o integrate con il prelievo di alcuni alberi.

Al contrario, se i processi di rinnovazione sono assenti, è necessario creare le condizioni favorevoli all'insediamento della rinnovazione di farnia attraverso l'apertura di buche, prioritariamente laddove c'è una minore incidenza di farnia nel piano dominante e/o dove prevalgono gli alberi deperienti. All'apertura di una buca deve necessariamente seguire un monitoraggio del processo di rinnovazione. I semenzali e il novellame di farnia possono, infatti, subire la forte competizione di specie erbacee/arbustive opportuniste e, soprattutto, di specie esotiche.

Inoltre occorre tenere conto dell'incidenza del mal bianco e del danneggiamento da parte della fauna, con particolare riferimento al brucamento degli ungulati ormai diffusi in modo uniforme anche all'interno delle foreste planiziali. Il processo di rinnovazione deve quindi essere necessariamente "assistito".

In caso di mancanza o insuccesso della rinnovazione naturale occorre, invece, fare ricorso a tecniche di rimboschimento artificiale tramite l'impiego di piantine allevate in vivaio.

In previsione dell'aumento della frequenza e dell'intensità di periodi siccitosi, come indicato in tutti gli scenari di cambiamento climatico attualmente disponibili (**IPCC 2021**), la rinnovazione gamica della farnia potrebbe essere compromessa e potrebbe essere necessario, almeno in parte e nelle zone più aride, ricorrere (in deroga a quanto previsto dal Regolamento Regionale 20 luglio 2007, n. 5) anche alla rinnovazione agamica (**Pietras et al. 2016**).

E' opportuno, infine, sottolineare che, con i marcatori molecolari utilizzati nel presente studio, possono essere unicamente ricostruite e tracciate le dinamiche demografiche passate e presenti, e che la diversità genetica così investigata è solamente un proxy della diversità genetica globale, senza alcuna informazione sulla quota di diversità genetica con potenziale significato adattativo (cioè la diversità genetica all'interno di geni). Pertanto si segnala l'urgenza di affiancare ai dati su cui sono basate le presenti linee guida i risultati di uno studio genomico finalizzato alla comprensione degli adattamenti locali e dinamiche genetiche delle popolazioni di farnia del bacino padano-veneto (vedi **Box 2**).

BOX 2 - PRATICHE INNOVATIVE PER LO STUDIO DELLE DINAMICHE GENETICHE

Le querce europee sono ben note per essere caratterizzate da adattamenti locali anche marcati nonostante un elevato flusso genico, che genera una struttura genetica neutrale debole o assente (**Kremer e Hipp 2020**), e questo potrebbe modificare alcuni dei ragionamenti qui presentati, dato che il forte adattamento locale può determinare una elevata differenziazione genetica in un numero limitato di geni. Negli ultimi anni si è assistito ad uno sviluppo eccezionale delle risorse genomiche disponibili per le specie forestali, e la farnia ha avuto un ruolo centrale, e ingenti investimenti europei, durante tale sviluppo. La farnia infatti rappresenta una delle poche specie forestali al mondo per cui è disponibile il sequenziamento dell'intero genoma (**Plomion et al. 2016, 2018**) e di cui sono note per numerosi geni sia le funzioni che gli adattamenti che essi potrebbero conferire in situazioni naturali di stress ambientale, dalle risposte alla siccità alla difesa da insetti erbivori, dalla resistenza a patogeni alla regolazione dei cicli fenologici (**Homolka et al. 2013; Rellstab et al. 2016; Truffaut et al. 2017; Plomion et al. 2018; Muller et al. 2019; Bartholomé et al. 2020; Temunovic et al. 2020**).

Per comprendere come la farnia reagirà nel bacino padano-veneto ai cambiamenti connessi alla crisi climatica si dovrà necessariamente e rapidamente passare da un approccio classico di genetica di popolazioni ad indagini sull'intero genoma che approfondisca gli adattamenti locali alle condizioni biotiche e abiotiche, tenendo in considerazione che tali condizioni sono in corso di rapido cambiamento. Si segnala, a tale scopo, che molte informazioni sugli adattamenti locali a scala di intera distribuzione stanno venendo raccolte nell'ambito di iniziative europee, come i progetti H2020 GenTree, B4EST e Forgenius, il progetto BiodivERSA Acorn, oltre al sopracitato progetto ResQ, finanziato dalla Regione Lombardia. I risultati raccolti nell'ambito di tali progetti potranno rivelarsi molto utili per la selezione di network di geni rilevanti da analizzare nelle popolazioni del bacino padano-veneto.

Il presente studio evidenzia, inoltre, l'estrema importanza dell'analisi di dati storici di tipo geografico (foto aeree e immagini satellitari) per mappare l'evoluzione dei popolamenti e ricostruire un network di formazioni lineari (filari, siepi) ed individui sporadici, la cui funzione di collegamento tra le diverse popolazioni di farnia analizzate è sicuramente sottovalutata. La possibilità di mettere in rete informazioni di tipo genetico, strutturale e geografico su tali strutture porterebbe ad analizzare la funzione dei corridoi ecologici nel mantenere la diversità specifica e genetica di popolazioni forestali oggi frammentate e di ridotte dimensioni. In particolar modo, sarebbe importante comprendere sotto quale soglia critica di densità di tali strutture (formazioni lineari e individui sporadici) venga interrotta la connessione genetica tramite flusso genico tra i pochi querceti ancora presenti.

BIBLIOGRAFIA

A.A.V.V. (2011). Quercu-carpaneti planiziali in deperimento: linee guida per la gestione. Regione Piemonte. 24 pp.

A.A.V.V. (2020). Schede tecniche di intervento (Criteri tecnico-scientifici di *best practice* per la progettazione di interventi di miglioramento e conservazione dei querceti in Lombardia) – G2020 - Azione A.18 https://naturachevale.it/wp-content/uploads/2020/09/Az-A18-Criteri-tec-scientifici-per-prog-querceti-lomb_rid-2MB.pdf

Aitken SN, Bemmels JB (2016) Time to get moving: assisted gene flow of forest trees. *Evolutionary Applications* 9: 271-290.

Bartholomé J, Brachi B, Marçais B, Mougou-Hamdane A, Bodénès C, Plomion C, et al. (2020) - The genetics of exapted resistance to two exotic pathogens in pedunculate oak. *New Phytologist* 226: 1088–1103.

Bianchi L, Caronni F, Giovannini G, Paci M. (2013) - La conservazione dei boschi a dominanza di farnia del Parco Lombardo Valle del Ticino: risultati a tre anni dall'avvio della sperimentazione e prime indicazioni gestionali. *Forest@ - Rivista di Selvicoltura ed Ecologia Forestale* 10: 1-13.

Brunetti M, Pergola N, ... & Ripullone F (2020) - The impact of drought spells on forests depends on site conditions: the case of 2017 summer heat wave in southern Europe. *Global change biology*, 26(2), 851-863.

Camerano P, Grieco C, Terzuolo P, (2010) - I Boschi planiziali, Regione Piemonte - Blu edizioni, Torino pp.168.

Colaone M. (2017) - *Prunus serotina*: l'albero più invasivo mai giunto in Insubria? *Terra Insubre*: 7687.

De Turckheim B, Bruciamacchie M. (2005) - *La futaie irrégulière : théorie et pratique de la sylviculture irrégulière, continue et proche de la nature*. Aix-en-Provence: Edisud.

Ebone A, Brenta P, Canavesio A, Terzuolo PG, Pignochino M. (2015) - *Le specie forestali arboree esotiche. Riconoscimento e gestione*. Torino: Regione Piemonte.

EUFORGEN. (2021) *Forest Genetic Resources Strategy For Europe*. European Forest Institute.

Gentilesca T, Camarero JJ, Colangelo M, Nole A, & Ripullone F (2017) - Drought-induced oak decline in the western Mediterranean region: an overview on current evidences, mechanisms and

management options to improve forest resilience. *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 10(5), 796–806.

Gonthier P, Nicolotti G, Terzuolo PG. (2011) - *Querco-carpineti planiziali in deperimento: linee guida per la gestione*. Torino: Regione Piemonte.

Homolka A, Schueler S, Burg K, Fluch S, Kremer A (2013) - Insights into drought adaptation of two European oak species revealed by nucleotide diversity of candidate genes. *Tree Genetics and Genomes* 9: 1179–1192.

IPCC (2021) - *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* Cambridge University Press.

Kremer A. Hipp AL (2020) - Oaks: an evolutionary success story. *New Phytol.* 226 (4): 987–1011.

Marzano R, Garbarino M, Marcolin E, Pividori M, Lingua E. (2013) - Deadwood anisotropic facilitation on seedling establishment after a stand-replacing wildfire in Aosta Valley (NW Italy). *Ecological Engineering* 51: 117-122.

Meloni F, Motta R, Branquart E, Sitzia T, Vacchiano G. (2016) - Silvicultural strategies for introduced tree species in Northern Italy. In *Introduced tree species in European forests: opportunities and challenges*, eds Krumm, F and Vitkova, L, 176-93. Freiburg: European Forest Institute.

Mölder A, Meyer P, Nagel R-V. (2019) - Integrative management to sustain biodiversity and ecological continuity in Central European temperate oak (*Quercus robur*, *Q. petraea*) forests: An overview. *Forest Ecology and Management* 437: 324-39.

Motta R, Nola P, & Berretti R (2009). The rise and fall of the black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) in the “Siro Negri” Forest Reserve (Lombardy, Italy): lessons learned and future uncertainties. *Annals of Forest Science*, 66(4), 1-10.

Motta Fré V, Motta R. (2000) - *Selvicoltura e ciliegio tardivo (Prunus serotina Ehrh.) nella Riserva Naturale Orientata "La Fagiana" (Magenta -MI)*. *Sherwood* 6: 5-14.

Müller M, Gailing O (2019) - Abiotic genetic adaptation in the Fagaceae. *Plant Biology* 21: 783–795.

Nelson PE, Toussoun TA, Marasas WFO (1983) - *Fusarium species: an illustrated manual for identification*. The Pennsylvania State University Press, London, England (pp. 193).

Pietras J, Stojanovic M, Knott R, Pokorny R (2016) - Oak sprouts grow better than seedlings under drought stress. *iForest - Biogeosciences and Forestry* 9: 529-35.

Plomion C, Aury JM, Amselem J, Alaeitabar T, Barbe V, Belser C, et al. (2016) - Decoding the oak genome: Public release of sequence data, assembly, annotation and publication strategies. *Molecular Ecology Resources* 16: 254–265.

Plomion C, Aury J-M, Amselem J, Leroy T, Murat F, Duplessis S, et al. (2018) - Oak genome reveals facets of long lifespan. *Nature Plants* 4: 440–452.

Rellstab C, Zoller S, Walthert L, Lesur I, Pluess AR, Graf R, et al. (2016) - Signatures of local adaptation in candidate genes of oaks (*Quercus* spp.) with respect to present and future climatic conditions. *Molecular Ecology* 25: 5907–5924.

Saniga M, Balanda M, Kucbel S, Pittner J. (2014) - Four decades of forest succession in the oakdominated forest reserves in Slovakia. *iForest - Biogeosciences and Forestry* 0: 332-40.

Temunović M, Garnier-Géré P, Morić M, Franjić J, Ivanković M, Bogdan S, et al. (2020). Candidate gene SNP variation in floodplain populations of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) near the species' southern range margin: Weak differentiation yet distinct associations with water availability. *Molecular Ecology* 29: 2359–2378.

Truffaut L, Chancerel E, Ducousso A, Dupouey JL, Badeau V, Ehrenmann F, et al. (2017) - Fine-scale species distribution changes in a mixed oak stand over two successive generations. *New Phytologist* 215: 126–139.