

PROSPETTIVE DEL SETTORE FORESTALE

la cinquantennale
IV Congresso Nazionale di Selvicoltura



Accademia Italiana di Scienze Forestali
FIRENZE 2024

PROSPETTIVE DEL SETTORE FORESTALE

a cinque anni dal
IV Congresso Nazionale di Selvicoltura



Accademia Italiana di Scienze Forestali
FIRENZE 2024

In copertina: Foresta di Vallombrosa, Comune di Reggello (FI)
(foto D. Travaglini)

ISBN 978-88-87553-10-9

© 2024 - Accademia Italiana di Scienze Forestali
Piazza Edison 11 - 50133 Firenze

INDICE

Orazio Ciancio <i>Introduzione - I Congressi di Selvicoltura dell'Accademia</i>	5
Marco Borghetti, Raffaello Giannini, Federico Magnani <i>Genetica ed ecologia per la gestione sostenibile degli ecosistemi forestali: sviluppi recenti</i>	11
Luigi Masutti, Renzo Motta, Susanna Nocentini, Paolo Paolucci <i>Selvicoltura, biodiversità, fauna: riflessioni e prospettive</i>	27
Davide Travaglini, Giacomo Certini, Francesco Iovino, Luigi Portoghesi <i>Selvicoltura e tutela del territorio forestale</i>	47
Giovanni Sanesi, Alessandro Paletto, Roberto Tognetti <i>Selvicoltura, paesaggio e impatto dei cambiamenti dell'uso del suolo</i>	65
Andrea Battisti, Paolo Capretti, Massimo Faccoli, Paolo Gonthier, Pio Federico Roversi <i>Protezione delle foreste da fattori biotici</i>	71
Piermaria Corona, Filippo Brun, Rinaldo Comino, Sandro Dettori, Daniele Gambetti <i>Selvicoltura e produzioni forestali</i>	81
Augusto Marinelli, Leonardo Casini, Severino Romano <i>Selvicoltura ed economia forestale</i>	91
Gherardo Chirici, Giancarlo Papitto, Federico Maetzke, Roberto Scotti, Marco Marchetti <i>Monitoraggio e pianificazione forestale</i>	105
Davide Ascoli, Valentina Bacciu, Anna Barbati, Giovanni Bovio, Donatella Spano <i>Dalla ricerca alla governance degli incendi boschivi in Italia</i>	121
Enrico Marchi, Raffaele Cavalli, Raffaele Spinelli <i>Innovazione e qualificazione del lavoro in foresta</i>	149
Marco Fioravanti, Manuela Romagnoli, Roberto Zanuttini <i>Innovazione, sostenibilità e impatti dell'uso del legno</i>	163
Alessandra Stefani <i>Conclusioni</i>	171

INTRODUZIONE

I Congressi di Selvicoltura dell'Accademia

L'Accademia Italiana di Scienze Forestali fu fondata con lo scopo di creare una Istituzione in grado di fornire strumenti scientifici e tecnici agli Enti impegnati nella realizzazione della Legge per la montagna e i boschi elaborata e promossa dal Ministro dell'Agricoltura e Foreste Amintore Fanfani che divenne Socio fondatore e partecipò il 21 giugno 1951 all'inaugurazione che avvenne a Firenze in Palazzo Vecchio.

Il primo Congresso Nazionale di Selvicoltura si svolse a Firenze dal 14 al 18 marzo del 1954. Il Presidente della Repubblica Luigi Einaudi partecipò al Congresso ed eresse l'Accademia in Ente morale con Decreto n. 4586. Il Congresso fu organizzato per analizzare le condizioni disastrose in cui si trovavano i boschi e la montagna dopo la seconda guerra mondiale.

Il secondo si tenne a Venezia dal 24 al 27 giugno del 1998 nell'intento di operare per la realizzazione di una politica forestale in grado di valorizzare il ruolo sociale, economico e culturale delle foreste, della montagna e delle sue comunità. Lo scopo era di far conoscere i cambiamenti nei boschi italiani verificatisi dopo oltre 40 anni e quali interventi effettuare per la conservazione e il miglioramento degli ecosistemi, della biodiversità e del paesaggio.

Occorre ricordare che, a seguito di quanto emerso e sostenuto al Congresso, su proposta elaborata nel 2001 dall'Accademia fu approvato il Decreto legislativo 227 "Orientamento e modernizzazione del settore forestale".

Il Terzo Congresso nazionale di Selvicoltura si è svolto a Taormina dal 16 al 19 ottobre del 2008 allo scopo di verificare il presente e guardare al futuro delle foreste italiane e delle attività a esse connesse, con un riferimento particolare a quelle del settore mediterraneo.

Le conclusioni del Congresso di Taormina, riportate nella *Mozione finale*, possono esser così sintetizzate:

- l’attuazione di *decisioni partecipate e informate*;
- lo sviluppo di una *ricerca innovativa*;
- la necessità di un *nuovo approccio culturale*, con la certezza che la cultura è l’unico vero bene dell’umanità.

Il Quarto Congresso Nazionale di Selvicoltura si è tenuto a Torino dal 5 al 9 novembre 2018 ovvero in un momento di fondamentale importanza in cui il bosco, capitale naturale e maggiore infrastruttura verde del nostro Paese, è chiamato anche a confrontarsi con la sfida della *green economy*. L’evento ha costituito un forum dove i rappresentanti governativi e delle Regioni, quelli delle università e degli istituti di ricerca, della società civile e del settore pubblico e privato forestale, naturalistico e ambientale, hanno potuto scambiare le loro esperienze al fine di formulare linee guida e conseguenti raccomandazioni a livello regionale, nazionale, europeo e mondiale. L’obiettivo del Congresso di Torino è stato di pervenire a sintesi conoscitive, scientifiche e tecniche innovative, proiettate al futuro e alla piena implementazione del concetto di gestione forestale sostenibile attraverso risposte scientificamente fondate e percorribili sul piano tecnico-programmatico.

Voglio sottolineare che a Taormina fu stabilito di realizzare dopo cinque anni da ogni Congresso un incontro per verificare lo stato di avanzamento delle proposte descritte. Ecco perché oggi siamo qui per confrontarci e andare avanti su quanto proposto a Torino nel 2018. Il dialogo permette di far emergere le cose che dividono ma consente anche di trovare le cose che uniscono.

Nell’analisi relative allo stato delle foreste, della montagna e del paesaggio spesso ci si rende conto che i problemi non possono essere risolti nell’ambito del sapere codificato. L’evoluzione implica un diverso approccio teorico e un differente paradigma di riferimento. Il che implica una diversa strategia di ricerca e l’opportunità di *analizzare il passato per interpretare il presente e prefigurare il futuro*.

Nella ricerca forestale bisogna avvalersi di un paradigma scientifico i cui principi sono *autorganizzazione, non equilibrio, non linearità*. E, appunto perciò, di un paradigma di riferimento ipotetico-deduttivo che, rispetto al passato, non riguarda solo la tecnica ma anche, e soprattutto, la scienza.

Il processo di conoscenza si fonda sulla *cultura della complessità* e sulla *visione sistemica*. L'approccio sperimentale è quello *bioecentrico*. Sul piano tecnico si procede con il metodo per *tentativi ed eliminazione degli errori*, cioè per approssimazioni successive. Ne consegue che nell'uso del bosco il *principio etico* avrà un riscontro diverso rispetto a quello attuale.

In passato, nell'intento di migliorare la funzionalità dei sistemi forestali è stata ricercata con costanza la *semplificazione* e la *regolarità* "del" e "nel" bosco.

Una ricerca pervasa da un lato da una concezione atomistica, che concepisce il bosco come separato dall'ambiente e i suoi componenti come distinti e misurabili; e dall'altro, da una visione antropocentrica spinta alle estreme conseguenze; la sottomissione della Natura alla volontà dell'Uomo per il conseguimento dei propri fini.

Nella realtà i timonieri della tecnica sono stati assecondati dai timonieri della sperimentazione e da quelli della scienza forestale. Ovvero, delle "sensate esperienze e delle certe dimostrazioni" della *nuova scienza* di galileiana memoria, del determinismo cartesiano e del meccanicismo newtoniano,

Mi chiedo e chiedo: si può agire sulla Natura in modo da conseguire il massimo di utilità finanziaria senza provocare danni irreversibili? Una domanda che esige una risposta chiara e puntuale. Risposta che deve essere portata a conoscenza di tutti per accrescere quella che amo definire la *Cultura del bosco*. Ciò significherebbe ribaltare la posizione tecnica e giuridica espressa nei secoli passati.

Da oltre quattro lustri più volte ho affermato che le operazioni selvicolturali non dovrebbero essere valutate in termini puramente finanziari. Non ho asserito e non sto asserendo che si debbano trascurare gli aspetti finanziari, ma ritengo che sia necessario distinguere gli aspetti finanziari da quelli economici.

Queste posizioni culturali spesso vengono messe in contrapposizione alle correnti di pensiero biocentriche *olistiche* o *ecocentriche*, la cui

base è connessa alla filosofia *epistemologica* della *biologia evoluzionistica*. Ovvero, a posizioni di assoluto valore e significato che riguardano le specie, gli habitat, gli ecosistemi. Ne consegue che l'uso del bosco nel prossimo futuro è destinato a cambiare. Ciò si deve alle mutate condizioni di vita. Su questi aspetti è stata, e ancor più sarà, decisiva l'influenza della ricerca scientifica e della conoscenza.

La ricerca, lo si sa, si basa sul metodo. Se si adotta il *riduzionismo ontologico*, si analizzano le strutture e le funzioni dei sistemi viventi riconducendoli a processi fisici. Se, invece, si adotta il *riduzionismo metodologico* si tende a conseguire spiegazioni di uno specifico fenomeno. Infine, c'è chi tra i biologi ritiene opportuno accedere al *riduzionismo epistemologico* secondo il quale le leggi sperimentali formulate in campo biologico si possono ricondurre alle leggi fisiche e chimiche.

In pratica, con tali tipologie metodologiche, i *riduzionisti* propendono per l'analisi delle singole componenti del sistema al fine di analizzare l'organizzazione di singoli fattori. Per converso, i *sistemici* tendono a studiare e comprendere la funzionalità del sistema nel suo insieme.

Il *fisicalismo*, la filosofia delle leggi fisico-chimiche - ormai lo dicono gli stessi fisici e chimici -, non è in grado di dare una spinta propulsiva per la comprensione dei sistemi viventi. Spero che di tutto ciò se ne faccia tesoro per contribuire a una reale innovazione e a un brillante futuro della ricerca forestale.

I timonieri della tecnica e, a maggior ragione, i timonieri della sperimentazione e della ricerca forestale parlano del bosco come di un ecosistema. Concordano sulla necessità di salvaguardare la funzionalità del sistema, senza però preoccuparsi della rete di interazioni connesse tra i molteplici componenti del sistema tra cui l'uomo, e sottolineo tra cui l'uomo, per poi disconoscerne il profondo significato nell'attività colturale e gestionale.

Da alcuni anni si è argomentato e si continua ad argomentare dell'*etica*, fornendo spunti interessanti sui quali a mio avviso si dovrebbe riflettere. Il che mi porta a meditare se si deve dibattere de "Il bosco per l'uomo" o, dato l'avanzamento culturale, scientifico ed etico, non sia più opportuno trattare de "L'uomo per il bosco".

Si delinea così l'antitesi tra la concezione del bosco come oggetto e quella del bosco come soggetto. O, in termini para-

digmatici, tra visione antropocentrica e visione bioecocentrica in cui la Natura ha valore intrinseco. Il che per i forestali comporta nuove e più ampie responsabilità.

Questi boschi, che sono in grado di elargire elevate esternalità, di fatto apriranno la porta a quella che può considerarsi la terza rivoluzione forestale del XXI secolo, ovvero la *Silvosistemica* o l'*Italian Forest Theory*.

Queste idee nel settore forestale nostrano non hanno incontrato il favore di una parte dei tecnici. Un fenomeno che rientra nella normalità. Forse per alcuni vale l'evangelico detto *nemo propheta acceptus est in patria sua*, non rendendosi conto che "le persone passano ma le idee restano". Sono moderatamente ottimista perché, lo si sa, le idee nuove in campo forestale si affermano con i tempi forestali. Ma come afferma l'illuminista Voltaire "Il tempo è un galantuomo, rimette a posto tutte le cose".

La rilettura dell'attività forestale nel XX secolo e il progresso conoscitivo conseguito nel campo delle scienze forestali e ambientali hanno determinato un mutamento nelle modalità concettuali di approccio al bosco. La base di riflessione è quella relativa alla concezione della conoscenza, cioè all'epistemologia e a quella dei valori, ovvero all'assiologia.

Come insegna la Natura nelle sue varie espressioni occorre rispettare il bosco: un sistema vivente che ha valore in sé, al quale, proprio per questo, vanno attribuiti quei diritti che si riconoscono a tutte le comunità biotiche. I *diritti del bosco*, appunto.

Pertanto è necessario ridefinire la posizione della gestione forestale.

Il bosco non è più considerato un insieme di alberi che si coltivano per ottenere il massimo reddito finanziario o per avvalersi nel tempo e secondo "la moda" di particolari funzioni, ma un *sistema biologico complesso*.

Anzi, si può affermare che *sostenere la produzione non sempre vuol dire sostenere il bosco*. La selvicoltura non è *indipendente dall'ecosistema*, come prevedevano i vecchi modelli colturali e i metodi di pianificazione forestale, ma viceversa è *dipendente dall'ecosistema*.

Tale cambiamento comporta l'adozione di pratiche colturali a basso impatto ambientale e, come principio insuperabile, il rispetto della *complessità biologica* del bosco.

Occorre che i proprietari pubblici e privati possano contare su un incentivo finanziario in grado di attenuare le spese per la coltivazione con interventi *cauti, continui e capillari*: ovvero con lo schema tecnico operativo, noto come le tre C della selvicoltura, che consente di far svolgere al bosco le *funzioni* delle quali le comunità si avvalgono per una migliore qualità della vita.

Occorre pensare alla gestione del bosco non solo sotto l'aspetto pratico, ma anche in senso estetico, metafisico ed etico.

Per creare *Cultura forestale*, bisogna prima imparare a parlare con il bosco.

Gli alberi sono individui che aggregandosi tra loro formano un nuovo, ampio complesso sistema. I processi tra gli organismi vegetali, animali e i fattori fisici che lo compongono costituiscono un insieme unificato che dà forma al "linguaggio del bosco".

Per creare conoscenza, cultura e arte forestale bisogna prima imparare a gestire il bosco, nella consapevolezza che: *Il bosco rende vivibile il presente e possibile il futuro.*

Concludo con l'aforisma di Petronio (27 d.C. - 66 d.C.) - *Satyricon*, cap. XLIV - che è parte integrante del logo dell'Accademia Italiana di Scienze Forestali: *Serva me, servabo te* - Salva me, che io salverò te.

Orazio Ciancio

Genetica ed ecologia per la gestione sostenibile degli ecosistemi forestali: sviluppi recenti

1. INTRODUZIONE

Con i suoi fenomeni intensi e gli episodi di disturbo connessi (Ali *et al.*, 2022; Russo *et al.*, 2019; Rita *et al.*, 2020; Senf e Seidl, 2021) il cambiamento climatico mette a rischio la stabilità e la funzionalità delle foreste e produce nel contempo effetti a cascata sui servizi ecosistemici (Peñuelas *et al.*, 2021; Appiagyei *et al.*, 2022), il cui mantenimento richiede approcci gestionali ben calibrati (Nocentini *et al.*, 2022). La gestione forestale sostenibile e adattativa contribuisce alla multifunzionalità dei sistemi forestali (Temperli *et al.*, 2012), ma deve essere supportata dai risultati della ricerca scientifica. In tal senso, importanti benefici possono derivare dagli sviluppi negli studi di genetica ed ecologia forestale. Le ragioni sono da ricondurre alla possibilità di conseguire obiettivi di rilievo sul piano gestionale, fra i quali sono da includere:

- a. la conservazione della diversità genetica nelle popolazioni arboree, che rappresenta la base per la resilienza di lungo periodo delle comunità forestali al cambiamento climatico. In particolare, i risultati che scaturiscono da indagini di genetica di popolazione costituiscono

Marco Borghetti: Scuola di Scienze Agrarie, Forestali, Alimentari e Ambientali, Università della Basilicata, Potenza.

Raffaello Giannini: Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze.

Federico Magnani: Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari, Alma Mater Studiorum - Università di Bologna.

- il fondamento per l'individuazione delle più efficaci strategie di conservazione della variabilità genetica adattativa;
- b. la comprensione delle basi genomiche di tratti fenotipici di rilevanza adattativa, che può consentire sia di intervenire in modo mirato sulle comunità forestali sia di selezionare materiale di propagazione adatto ai programmi di forestazione e ripristino ambientale;
 - c. l'affinamento della selvicoltura di adattamento e di mitigazione per le tecniche di ripristino, sulla base della comprensione delle dinamiche ecosistemiche innescate dai disturbi naturali;
 - d. la comprensione degli effetti dei disturbi naturali e della gestione forestale - così come della sua assenza - non solo sulla produttività delle foreste ma anche sulla produzione di servizi ecosistemici, *in primis* la fissazione di carbonio e la difesa idrogeologica;
 - e. la comprensione dei meccanismi di resistenza e resilienza degli ecosistemi forestali ai disturbi, funzionale alla corretta gestione del bosco dopo eventi estremi (tempeste...), attacchi di patogeni e insetti, passaggio di incendi;
 - f. lo sviluppo di metodi ed applicazioni, ad alta risoluzione spaziale, per la quantificazione da remoto della diversità funzionale e strutturale delle comunità forestali, utilizzabile nel quadro della selvicoltura e della gestione forestale.

In questa breve nota, che dà seguito al lavoro presentato al IV Congresso Nazionale di Selvicoltura tenutosi a Torino nel 2018 (Borghetti *et al.*, 2019), si illustrano alcuni risultati raggiunti, in questi ultimi anni, nei campi della genetica e dell'ecologia forestale. È da mettere in evidenza, peraltro, che le ricerche in questi settori spesso affrontano problematiche di confine, complementandosi e integrandosi a vicenda. Ad esempio: i progetti di conservazione delle risorse genetiche degli alberi forestali si avvalgono di tecnologie, metodi e conoscenze che vanno dalla genomica, all'ecofisiologia, alla dendroecologia, all'ecologia di comunità, alla modellazione ecologica, fino al telerilevamento funzionale. Tra l'altro le indagini di genomica spesso vengono associate alla "fenomica", ovvero a procedure di fenotipizzazione che, grazie a metodi, tecniche e sensoristiche di nuova generazione, consentono di monitorare, in tempi brevi e su molti individui, caratteri e processi propri dell'ecologia funzionale.

2. SVILUPPI NELLA GENETICA FORESTALE

Le risorse genetiche sono alla base della multifunzionalità della foresta. La conoscenza della diversità genetica inter ed intraspecifica, degli adattamenti locali e del controllo genetico di tratti chiave è necessaria per prevedere la capacità di adattamento delle popolazioni arboree, ovvero per comprendere come geni e le loro varianti, influenzino la capacità degli alberi di vivere e prosperare in una varietà di condizioni ambientali. Negli ultimi anni la grande produzione di dati a livello genomico ha fortemente accelerato la generazione di conoscenze sulle basi genetiche ed evolvimentistiche, degli alberi forestali ed ampliato le possibilità di affrontare queste sfide scientifiche.

2.1 Caratterizzazioni genome-wide e controllo poligenico

I polimorfismi SNPs (*Single-Nucleotide Polymorphisms*), determinati da variazioni di singoli nucleotidi, hanno trovato crescenti applicazioni per definire le basi dell'adattamento delle specie forestali alle condizioni ambientali o la risposta a stress biotici (Isabel *et al.*, 2019; Neophytou *et al.*, 2022). Gli studi compiuti confermano come la maggior parte dei tratti fenotipici siano sotto controllo poligenico, ovvero insistano su di una architettura genomica determinata da numerosi *loci*, ciascuno con effetti di piccola entità sull'espressione del carattere. Il passo da compiere, che appare cruciale, è quello di determinare in modo accurato il grado di poligenicità dei tratti fenotipici di maggiore importanza adattativa (de Miguel *et al.*, 2022) anche perché è stato visto, in alcuni casi, che un numero relativamente modesto di polimorfismi SNPs può spiegare la variazione di tratti fenotipici rilevanti a fini adattativi, come, ad esempio, la variazione nei ritmi fenologici o la tolleranza di patogeni (Doonan *et al.*, 2023). In questa direzione sembrano andare i primi risultati di un recente progetto italiano sulla resilienza delle querce al cambiamento climatico (RESQ: *Improving the RESilience to climate change of ITalian oak FORests facing dieback; Querce Resilienti*, URL: <https://resq.unipv.it/>). In questo caso i dati dei polimorfismi SNPs, elaborati con analisi di associazione fenotipo-genotipo, hanno consentito di individuare un gruppo di marcatori, che possono variare da poche decine ad alcune migliaia a seconda delle

analisi svolte, in grado di spiegare una porzione significativa della varianza del tratto “deperimento dendrocronologico”, candidandosi per un possibile impiego come marcatori diagnostici per la selezione di individui resistenti al cambiamento climatico.

2.2 *Pan-genomi*

La relativa facilità con cui si possono oggi sequenziare interi genomi, compresi quelli “giganti” delle gimnosperme (Niu *et al.*, 2022), consente di estendere le ricerche all’intera architettura genomica delle singole specie. Una metodologia che si sta rivelando promettente per comprendere le dinamiche di adattamento anche negli alberi forestali, è rappresentata dall’approccio basato sullo studio del pan-genoma. Si tratta di un approccio basato sull’analisi e confronto dei genomi di più individui all’interno di uno stesso gruppo tassonomico finalizzato ad identificare tutte le variazioni genetiche presenti ed, in particolare, le variazioni strutturali, come le inserzioni e le delezioni, le variazioni del numero di copie di particolari geni, i geni rari, che potrebbero avere un effetto rilevante sulla diversità fenotipica e sull’evoluzione genomica (Pinosio *et al.*, 2016; Prunier *et al.*; 2017; Hu *et al.*, 2022). È basato su metodologie di questo tipo un progetto in corso nel nostro Paese, che riguarda l’adattamento al clima di specie quercine ad ampia distribuzione e filogeneticamente vicine (*Quercus petraea*, *Q. pubescens* e *Q. robur*). L’obiettivo è quello di produrre una panoramica accurata e completa del pan-genoma delle querce “bianche” europee lungo un marcato gradiente ecologico latitudinale. Si tratta della base necessaria per affrontare e gestire gli effetti del cambiamento climatico su sistemi forestali, dominati dalle querce, di notevole importanza sul piano sia ecologico che economico (Progetto PanBiOak - *A pan-genomic approach to study local adaptation in Mediterranean oak forests*, URL: <https://www.ibbr.cnr.it/ibbr/projects/?pid=31999>).

2.3 *Variabilità geografica, adattamenti e maladattamenti*

La conoscenza della relazione tra clima, variabilità geografica e adattamenti genetici consente di identificare le popolazioni da proteggere in quanto tipicizzate da caratteristiche genetiche uniche e preziose. Gli studi recenti condotti con approcci genomici hanno mostrato, tra

l'altro, adattamenti marcati su scala geografica locale (Brousseau *et al.*, 2021), anche in specie caratterizzate da bassa differenziazione genetica sebbene presenti su vaste aree geografiche. È stato evidenziato che la selezione divergente - in seguito alla quale due o più popolazioni subiscono pressioni selettive che portano nel corso del tempo a una differenziazione delle loro caratteristiche genetiche in risposta a pressioni selettive diversificate - tende a modellare e mantenere, anche in ambienti eterogenei, la variazione genetica funzionale, fatto di grande importanza per la sopravvivenza temporale delle stesse (Budde *et al.*, 2023). Per contro, si sono dimostrati sorprendenti i meccanismi di evoluzione convergente di specie evolutesi separatamente per molti milioni di anni: l'adattamento al clima può quindi essere geneticamente vincolato, controllato da alcuni geni chiave (Yeaman *et al.*, 2016). Le nuove condizioni climatiche potranno modificare le pressioni selettive che modellano la variazione genetica adattativa e ciò potrà provocare vari gradi di disadattamento locale e un rimescolamento spaziale delle distribuzioni degli alleli adattativi (Capblancq *et al.*, 2020). Su questa tematica, sono stati sviluppati approcci genomici con risultati di rilievo ai fini della previsione di possibili interruzioni delle associazioni geni adattativi-ambiente e delle criticità che possono portare ad estinzioni locali (Jaramillo-Correa *et al.*, 2020; Lachmuth *et al.*, 2023). I pattern di adattamento/maladattamento di popolazioni italiane di abete bianco e faggio sono oggetto di studio, nel nostro Paese, in un progetto condotto con approccio "dendrogenomico", che integra genomica e dendroecologia (Progetto REACT - *Back to the future: REtrospective and prospective insights in silver fir Adaptation to face the Climate crisis*, URL: <https://www.ibbr.cnr.it/ibbr/projects/?pid=317>).

2.4 Migrazione assistita

La migrazione assistita - ovvero il trasferimento pianificato di individui "climaticamente adattati" all'interno o al di fuori dell'areale della specie - può essere condotto sia a scopi conservazionistici che per preservare la funzione produttiva di una popolazione spostandola in un ambiente più favorevole. Si tratta di una prospettiva che deve essere valutata con attenzione alla luce delle necessità conservazionistiche, dei potenziali benefici e dei possibili effetti sulla biodiversità genetica

delle comunità forestali (Peterson St-Laurent *et al.*, 2018; Gustafson *et al.*, 2023; Twardek *et al.*, 2023). In rapporto a questi aspetti, il rapido sviluppo delle tecnologie di sequenziamento e i sempre più copiosi dati genomici possono offrire extra-benefici rispetto alle valutazioni condotte negli studi di biologia della conservazione, integrando le previsioni macroecologiche e offrendo una prospettiva evuzionistica assente, ai fini della conservazione della biodiversità, nei tradizionali studi biogeografici (Chen *et al.*, 2022). Metriche basate sui dati genomici sono state utilizzate a fini prognostici per decisioni sull'idoneità ambientale per la persistenza di una specie o di una popolazione o per definire le modalità con cui procedere alla migrazione assistita (Lachmuth *et al.*, 2023). L'opportunità di una migrazione assistita "guidata" dalla genomica sta producendo proposte per reti di collaborazione fra ricercatori, agenzie di finanziamento ed enti di gestione. Nel nostro Paese si sta definendo un *framework* di lavoro per valutare la necessità della migrazione assistita; in particolare è stato avviato un progetto per stimare le migrazioni ideali necessarie per massimizzare il potenziale adattativo in popolazioni di pini mediterranei (Progetto Marie-Curie MedForAct - *Unveiling convergent adaptation in Mediterranean pines to inform a new tool for the management of forest genomic resources*, URL: <https://sites.google.com/view/medforact/home-page>). Obiettivo recente e di notevole interesse è anche il cosiddetto "flusso genico assistito" che prevede l'introduzione di materiale di propagazione preadattato all'interno di soprassuoli gestiti per favorire la rinnovazione naturale (Vettori *et al.*, 2024).

2.5 Reti di conservazione

La convenzione di Kunming-Montreal per la biodiversità ha riconosciuto formalmente la necessità di conservare la diversità genetica intraspecifica e l'urgenza di mettere in atto azioni dirette a questo scopo (Hoban *et al.*, 2023). Anche in questo campo sono in corso notevoli progressi e si aprono prospettive applicative, grazie alla ricerca e allo sviluppo delle tecnologie di caratterizzazione del genoma. I risultati di recenti ricerche condotte ad ampio raggio, con l'uso di migliaia di polimorfismi SNPs, sulla variabilità genetica adattativa e sull'evoluzione divergente in associazione a gradienti ambientali di temperatura

e precipitazioni, possono rappresentare la base per disegnare strategie per la conservazione della diversità intraspecifica in specie ad ampia distribuzione e con una storia evolutiva complessa, come è il caso del faggio (Postolache *et al.*, 2021). Nel nostro Paese l'uso di marcatori molecolari, ha consentito di delineare i requisiti spaziali per la “protezione” della diversità genetica intraspecifica in specie come l'abete bianco, la farnia e il pino loricato (Vajana *et al.*, 2024). A scala europea sono iniziate le prime caratterizzazioni multispecie della rete di unità di conservazione genetica (*Genetic Conservation Unit - GCU*) identificata per proteggere la diversità genetica dell'intero patrimonio forestale continentale, con lo scopo di ottimizzare questa importante infrastruttura in base ai dati genomici. È infatti in corso il progetto H2020 FORGENIUS (URL: <http://forgenius.eu>) che ha lo scopo di fornire una visione della diversità delle foreste europee, della loro resilienza ai cambiamenti climatici e che mira a migliorare la piattaforma del sistema informativo europeo sulle risorse genetiche forestali (<http://portal.eufgis.org/maps/>), ampliando e migliorando le informazioni relative alle unità di conservazione genetica. È auspicabile che questi progetti possano valorizzare anche quanto realizzato nel passato nel nostro Paese, con particolare riferimento agli studi di genecologia, alle prove di provenienze e a quelle di progenie.

3. SVILUPPI NELL'ECOLOGIA FORESTALE

Anche l'ecologia forestale è stata testimone negli ultimi anni di interessanti sviluppi, tanto a livello internazionale quanto nel panorama della ricerca nazionale.

Non sorprende, vista l'importanza della crisi climatica e il sempre maggior rilievo attribuito a soluzioni naturali di mitigazione (NBS - *Nature-Based Solutions*), l'attenzione riservata al bilancio del carbonio (C) delle foreste (in termini tanto di *stock*, quantitativi immagazzinati nell'ecosistema, quanto di flussi di C e alle possibilità di incrementarlo ulteriormente attraverso strategie di gestione mirata e di afforestazione. Le potenzialità dell'afforestazione e del restauro forestale sono state portate prepotentemente all'attenzione globale dall'articolo di Bastin

et al., (2019) in cui gli autori suggerirono che queste attività, senza interessare le superfici già destinate all'agricoltura o a usi urbani, possano sottrarre dall'atmosfera un quantitativo di C pari a 205 Gt di C, equivalente all'aumento della concentrazione atmosferica rilevato in oltre 40 anni di emissioni. Studi successivi hanno peraltro sottolineato la necessità di considerare anche i potenziali effetti negativi dell'afforestazione sul clima, legati alle variazioni dell'albedo e alle emissioni di altri gas a effetto serra (GHG), e gli effetti complessi delle emissioni di composti organici volatili (VOC) (Weber *et al.*, 2024); e pertanto la necessità di tenere le condizioni biogeochimiche e biogeofisiche locali in debita considerazione nella pianificazione degli interventi di afforestazione (Windisch *et al.*, 2021) che vengono sempre più frequentemente realizzati con finanziamenti pubblici e privati. Queste considerazioni sono particolarmente rilevanti in Italia, che si è proposta come punto di riferimento sulle tematiche dell'afforestazione in ambiente urbano e suburbano con la creazione del Centro Biocities dello European Forest Institute (EFI).

Più in generale, il ruolo attuale e potenziale dei boschi nel bilancio globale del C ha ricevuto in questi anni una rinnovata attenzione; da un lato questa si è appuntata sulla stima delle potenzialità massime di C che potrebbe essere stoccato negli ecosistemi forestali a scala globale (Roebroek *et al.*, 2023; Mo *et al.*, 2023), dall'altro sulle ricadute dei disturbi naturali e antropici (Pugh *et al.*, 2019) ed in particolare sugli effetti globali delle utilizzazioni forestali, considerando anche l'immobilizzazione del C nei prodotti legnosi (Peng *et al.*, 2023). Strettamente legate a questo aspetto sono altre due tematiche che hanno ricevuto grande attenzione anche a livello nazionale, e cioè quale sia l'effetto sul bilancio del C (e più in generale sui servizi ecosistemici) delle dinamiche post-disturbo e dell'età delle piante e del bosco. L'argomento delle dinamiche post-disturbo è particolarmente attuale con riferimento alle foreste tropicali, dove la ricrescita del bosco dopo la deforestazione contribuisce spesso a controbilanciarne in parte gli effetti negativi; qui diversi recenti studi hanno dimostrato come le dinamiche di ricrescita siano abbastanza rapide, in termini sia di accumulo di C sia - in misura più limitata - di recupero della biodiversità (Poorter *et al.*, 2021); l'importanza del recupero di biodiversità è fondamentale al riguardo, visti

i suoi effetti positivi non solo sulla crescita ma anche sulla fissazione di C e N nel suolo (Chen *et al.*, 2023) e che tali effetti paiono aumentare con l'età del bosco (Bongers *et al.*, 2021). Anche a livello italiano lo studio dei disturbi e delle dinamiche post-disturbo ha ricevuto una comprensibile attenzione, alla luce degli eventi catastrofici che hanno colpito in rapida sequenza i boschi del Nord-Est (tempesta Vaia e infestazioni di bostrico). Da un lato l'attenzione della ricerca si è focalizzata sulla mappatura dei disturbi da vento e da insetti, con l'uso dei più moderni strumenti di analisi satellitare (Dalponte *et al.*, 2022) e sulla quantificazione dei loro effetti sul bilancio del C delle foreste (Pilli *et al.*, 2021); ma di interesse forse ancora maggiore sono le ricerche che hanno analizzato gli effetti delle condizioni macro- e micro-stazionali sulla rinnovazione post-disturbo di specie pioniere e climax (Cerioni *et al.*, 2024), per le implicazioni non solo sulla previsione delle dinamiche di recupero nei prossimi anni ma sulle migliori strategie da mettere in atto negli interventi di restauro forestale.

Strettamente legato a quello del recupero post-disturbo è ovviamente quello della disponibilità di seme, e quindi dei determinanti della pasciona nelle specie forestali; è questo un argomento in cui i ricercatori italiani avevano già svolto un ruolo di primo piano e che ha ricevuto rinnovata attenzione, con la formulazione di interessanti ipotesi su quali siano i determinanti ambientali del coordinamento della pasciona a scala regionale e sulle interazioni dirette e indirette fra pasciona, clima e disturbi (Vacchiano *et al.*, 2021).

L'analisi delle dinamiche post-disturbo è intimamente connessa allo studio degli effetti dell'età del bosco, ed in particolare del bilancio del C dei boschi vetusti: prosegue infatti il dibattito a scala internazionale sul ruolo dei boschi vetusti nel bilancio globale del C, col suggerimento che questo sia stato sovrastimato (Gundersen *et al.*, 2021). Anche a livello italiano la rilevanza e il ruolo delle piante e delle foreste vetuste hanno ricevuto grande attenzione; studi di dettaglio hanno infatti portato a una mappatura di dettaglio delle piante vetuste in ambiente mediterraneo, combinata all'analisi dei fattori ecologici dell'invecchiamento (Piovesan e Biondi, 2021); a scala più ampia, l'utilizzo dei dati dell'Inventario Nazionale delle Foreste e dei serbatoi forestali di Carbonio (INFC) e di immagini satellitari ha permesso di realizzare

quantificare il grado non solo di biodiversità ma anche di vetustà dei boschi delle diverse regioni italiane (Borghi *et al.*, 2024).

L'altra tematica che ha dominato la ricerca a livello sia nazionale sia internazionale è legata all'analisi dei fattori limitanti le potenzialità delle foreste nella mitigazione del *Climate Change*. Da un lato, nuovi studi hanno confermato il ruolo della disponibilità di nutrienti (in particolar modo N e P) nel regolare il bilancio globale del C e la risposta delle foreste all'aumento della CO₂ atmosferica (Terrer *et al.*, 2019); in particolare, pur essendo le foreste tropicali tipicamente limitate dalla disponibilità di P (Cunha *et al.*, 2022), recenti studi hanno suggerito che la disponibilità di N risulti sempre più limitante per crescita e fissazione di C delle foreste a scala globale, soprattutto considerando aree lontane dalle sorgenti principali di emissioni di N in Europa e in Nord America, su cui si era concentrata in passato l'attenzione della ricerca (Mason *et al.*, 2022). Le generalizzazioni sono ovviamente da evitare, come dimostrato dai recenti risultati della rete di simulazione delle deposizioni atmosferiche di N creata nell'ultimo decennio in Italia; in particolare, le faggete eutrofiche delle Prealpi e dell'Appennino paiono infatti essere caratterizzate da una elevata omeostasi, capace di tamponare gli effetti dell'inquinamento da N (Teglia *et al.*, 2022).

Dall'altro lato, il *sink* di C degli ecosistemi forestali potrebbe essere destabilizzato dall'aumento delle temperature globali e soprattutto della loro variabilità (Fernández-Martínez *et al.*, 2023). Diversi studi globali hanno evidenziato come gli eventi climatici estremi e la loro aumentata frequenza in risposta al cambiamento climatico stesso possano non solo determinare eventi estesi di moria del bosco (Anderegg *et al.*, 2020) ma anche variazioni nelle dinamiche di ricrescita delle foreste (McDowell *et al.*, 2020). Le diverse tematiche sono fra loro intimamente legate, dal momento che gli effetti di questi eventi estremi sembrerebbero variare con l'età delle piante, che influenzerebbe non solo l'entità ma anche la sensibilità alla variabilità climatica interannuale di crescita e bilancio del C, come dimostrato dalle analisi dendroecologiche di Colangelo *et al.* (2021); ricerche recenti hanno anche evidenziato come all'interno del piano dominante (e quindi a parità di dimensioni) le piante giovani siano in particolare più sensibili ma anche più resilienti agli effetti della siccità (Au *et al.*, 2022).

Un notevole contributo è venuto dalla ricerca ecologica italiana anche alla comprensione dei meccanismi di resilienza a questi eventi estremi, con l'analisi in particolare del ruolo dei carboidrati di riserva. Studi di dettaglio avevano già analizzato le dinamiche stagionali delle riserve di C (NSC, *non-structural carbohydrates*) e delle cellule parenchimatice nel fusto e nelle radici del faggio (D'Andrea *et al.*, 2021); più di recente, però, i ricercatori italiani hanno esteso la prospettiva all'analisi del ruolo delle riserve nella resilienza ad eventi estremi, evidenziando un importante *trade-off* fra crescita e allocazione alle riserve e - in ultima analisi - resistenza agli eventi estremi (Rezaie *et al.*, 2023). Quella delle riserve non strutturali è certamente una nuova interessante prospettiva di studio, visto anche il loro ruolo nel controllo della respirazione autotrofica suggerito da recenti analisi modellistiche (Collalti *et al.*, 2020).

Vale la pena di chiudere questa breve panoramica sui più recenti sviluppi della ricerca in ecologia forestale in Italia e nel mondo ricordando la prospettiva tutta nuova - e realmente olistica - delle ricerche sull'interazione fra piante e microrganismi all'interno dell'ecosistema: all'argomento, certo non nuovo ma sempre più centrale, del ruolo delle micorrize nel condizionare le dinamiche di coesistenza e competizione nelle popolazioni e comunità forestali (Tedersoo *et al.*, 2020) si è aggiunta infatti una nuova tematica, legata al ruolo della fillosfera (i microrganismi presenti sulle chiome delle piante) nel modulare i cicli dell'N e dei nutrienti dell'ecosistema (Guerrieri *et al.*, 2024), un ruolo riservato nei libri di testo ai soli microrganismi del suolo. È questo un vero e proprio cambio di prospettiva, in cui i ricercatori italiani si trovano a giocare un ruolo di primo piano.

Ringraziamenti

Ringraziamo sentitamente Andrea Piotti (IBBR, CNR) per le informazioni sugli sviluppi e sui progetti di ricerca nel campo della genetica forestale.

BIBLIOGRAFIA

Ali E., Cramer W., Carnicer J., Georgopoulou E., Hilmi N.J.M., Le Cozannet G., Lionello P., 2022 - *Cross-Chapter Paper 4: Mediterranean Region*. In: Climate Change 2022 - Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of

- Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (H.-O. Pörtner *et al.*, eds.). Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, p. 2233-2272. <https://doi.org/10.1017/9781009325844.021>
- Appiagyei B.D., Belhoucine-Guezouli L., Bessah E., Morsli B., Martins Fernandes P.A., 2022 - *A Review on Climate Change Impacts on Forest Ecosystem Services in the Mediterranean Basin*. *Journal of Landscape Ecology*, 15: 1-26.
- Au T.F., Maxwell J.T., Robeson S.M., Jinbao L., Siani S.M.O. *et al.*, 2022 - *Younger trees in the upper canopy are more sensitive but also more resilient to drought*. *Nature Climate Change*, 12: 1168-1174. <https://doi.org/10.1038/s41558-022-01528-w>
- Bastin J.F., Finegold Y., Garcia C., Mollicone D., Rezende M. *et al.*, 2019 - *The global tree restoration potential*. *Science*, 365: 76-79. <https://doi.org/10.1126/science.aax0848>
- Bongers F.J., Schmid B., Bruelheide H., Bongers F., Shan Li S. *et al.*, 2021 - *Functional diversity effects on productivity increase with age in a forest biodiversity experiment*. *Nature Ecology & Evolution*, 5: 1594-1603. <https://doi.org/10.1038/s41559-021-01564-3>
- Borghetti M., Giannini R., Magnani F., 2019 - *Ecologia e genetica per la gestione sostenibile degli ecosistemi forestali*. In “Il Bosco. Bene Indispensabile per un presente vivibile e un futuro possibile” (a cura di Orazio Ciancio e Susanna Nocentini). Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, p. 25-38.
- Borghi C., Francini S., McRoberts R.E., Parisi F., Lombardi F. *et al.*, 2024 - *Country-wide assessment of biodiversity, naturalness and old-growth status using national forest inventory data*. *European Journal of Forest Research*, 143: 271-303.
- Brousseau L., Fine P.V.A., Dreyer E., Vendramin G.G., Scotti I., 2021- *Genomic and phenotypic divergence unveil microgeographic adaptation in the Amazonian hyperdominant tree *Eperua falcata* Aubl. (Fabaceae)*. *Molecular Ecology*, 30: 1136-1154.
- Budde K.B., Rellstab C., Heuertz M., Gugerli F., Hanika T. *et al.*, 2023 - *Divergent selection in a Mediterranean pine on local spatial scales*. *Journal of Ecology*, 112: 278-290.
- Capblancq T., Fitzpatrick M.C., Bay R.A., Exposito-Alonso M., Keller S.R., 2020 - *Genomic Prediction of (Mal) Adaptation Across Current and Future Climatic Landscapes*. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 51: 245-269.
- Cerioni M., Brabec M., Bače R., Bädgers E., Bončina A. *et al.*, 2024 - *Recovery and resilience of European temperate forests after large and severe disturbances*. *Global Change Biology*, 30: e17159.
- Chen X., Taylor A.R., Reich P.B. *et al.*, 2023 - *Tree diversity increases decadal forest soil carbon and nitrogen accrual*. *Nature*, 618: 94-101.

- Chen Z., Grossfurthner L., Loxterman J.L., Masingale J., Richardson B.A. *et al.*, 2022 - *Applying genomics in assisted migration under climate change: Framework, empirical applications, and case studies*. *Evolutionary Applications*, 15: 3-21.
- Colangelo M., Camarero J.J., Gazol A., Gianluca Piovesan G., Borghetti M. *et al.*, 2021 - *Mediterranean old-growth forests exhibit resistance to climate warming*. *Science of The Total Environment*, 801: 149684.
- Collalti A., Ibrom A., Stockmarr A., Cescatti A., Alkama R. *et al.*, 2020 - *Forest production efficiency increases with growth temperature*. *Nature Communications*, 11: 5322. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-19187-w>
- Cunha H.F.V., Andersen K.M., Lugli L.F., Delgado Santana F., Fonseca Aleixo I. *et al.*, 2022 - *Direct evidence for phosphorus limitation on Amazon forest productivity*. *Nature*, 608: 558-562. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-05085-2>
- Dalponte M., Solano-Correa Y.T., Frizzera L., Gianelle D., 2022 - *Mapping a European spruce bark beetle outbreak using Sentinel-2 remote sensing data*. *Remote Sensing*, 14: 3135. <https://doi.org/10.3390/rs14133135>
- D'Andrea E., Scartazza A., Battistelli A., Collalti A., 2021 - *Unravelling resilience mechanisms in forests: role of non-structural carbohydrates in responding to extreme weather events*. *Tree Physiology*, 41: 1808-1818. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpab044>
- de Miguel M., Rodríguez-Quilón I., Heuertz M., Hurel A., Grivet D. *et al.*, 2022 - *Polygenic adaptation and negative selection across traits, years and environments in a long-lived plant species (*Pinus pinaster* Ait., Pinaceae)*. *Molecular Ecology*, 31: 2089-2105. <https://doi.org/10.1111/mec.16367>
- Doonan J.M., Budde K.B., Kosawang C. Lobo ., Verbylaite R. *et al.*, 2023 - *Multiple, single trait GWAS and supervised machine learning reveal the genetic architecture of *Fraxinus excelsior* tolerance to ash dieback in Europe*. *bioRxiv*, 2023.12.11.57080. <https://doi.org/10.1101/2023.12.11.570802>
- Fernández-Martínez M., Peñuelas J., Chevallier F., Ciais P., Obersteiner M., *et al.*, 2023 - *Diagnosing destabilization risk in global land carbon sinks*. *Nature*, 615: 848-853.
- Guerrieri R., Cáliz J., Mattana S., Barceló A., Candela M. *et al.*, 2024 - *Substantial contribution of tree canopy nitrifiers to nitrogen fluxes in European forests*. *Nature Geoscience*, 17: 130-136. <https://doi.org/10.1038/s41561-023-01364-3>
- Gundersen P., Thybring E.E., Nord-Larsen T., Vesterdal L., 2021 - *Old-growth forest carbon sinks overestimated*. *Nature*, 591: E21. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03266-z>
- Gustafson E.J., Kern C.C., Kabrick J.M., 2023 - *Can assisted tree migration today sustain forest ecosystem goods and services for the future?* *Forest Ecology and Management*, 529: 120723.
- Hoban S., Bruford M.W., da Silva J.M., Funk W.C., Frankham R. *et al.*, 2023 - *Genetic diversity goals and targets have improved, but remain insufficient for clear*

- implementation of the post-2020 global biodiversity framework*. Conservation Genetics, 24: 181-191. <https://doi.org/10.1007/s10592-022-01492-0>
- Hu G., Cheng L., Cheng Y., Mao W., Qiao Y., Lan Y., 2022 - *Pan-genome analysis of three main Chinese chestnut varieties*. Frontiers in Plant Science, Section Plant Biotechnology, 13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.916550>
- Isabel N., Holliday J.A., Aitken S.N., 2019 - *Forest genomics: Advancing climate adaptation, forest health, productivity, and conservation*. Evolutionary Applications, 13: 3-10.
- Jaramillo-Correa J.P., Bagnoli F., Grivet D., Fady B., Aravanopoulos F.A. *et al.*, 2020 - *Evolutionary rate and genetic load in an emblematic Mediterranean tree following an ancient and prolonged population collapse*. Molecular Ecology, 29: 4797-4811. <https://doi.org/10.1111/mec.15684>
- Lachmuth S., Capblancq T., Prakash A., Keller S.R., Fitzpatrick M.C., 2023 - *Novel Genomic Offset Metrics Integrate Local Adaptation into Habitat Suitability Forecasts and Inform Assisted Migration*. Ecological Monographs, e1593. <https://doi.org/10.1002/ecm.1593>
- Mason R.E., Craine J.M., Lany N.K., Jonard M., Ollinger S.V. *et al.*, 2022 - *Evidence, causes, and consequences of declining nitrogen availability in terrestrial ecosystems*. Science, 376 (6590): eabh3767. <https://doi.org/10.1126/science.abh3767>
- McDowell N.G., Allen C.D., Anderson-Teixeira K., Aukema B.H., Bond-Lamberty B. *et al.*, 2020 - *Pervasive shifts in forest dynamics in a changing world*. Science, 368 (6494): eaaz9463. <https://doi.org/10.1126/science.aaz9463>
- Mo L., Zohner C.M., Reich P.B., Jingjing Liang J., de Miguel S. *et al.*, 2023 - *Integrated global assessment of the natural forest carbon potential*. Nature, 624: 92–101. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06723-z>
- Neophytou C., Heer K., Milesi P., Peter M., Pyhäjärvi T. *et al.*, 2022 - *Genomics and adaptation in forest ecosystems*. Tree Genetics & Genomes, 18, 12. <https://doi.org/10.1007/s11295-022-01542-1>
- Niu S., Li J., Bo W., Yang W., Zuccolo A. *et al.* 2022 - *The Chinese pine genome and methylome unveil key features of conifer evolution*. Cell, 185 (1): 204-217. e14. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2021.12.006>.
- Nocentini S., Travaglini D., Muys B., 2022 - *Managing Mediterranean Forests for Multiple Ecosystem Services: Research Progress and Knowledge Gaps*. Current Forestry Reports, 8: 229-256. <https://doi.org/10.1007/s40725-022-00167-w>
- Peng L., Searchinger T.D., Zions J., Waite R., 2023 - *The carbon costs of global wood harvests*. Nature, 620: 110-115. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06187-1>
- Peñuelas J., Sardans J., 2021 - *Global Change and Forest Disturbances in the Mediterranean Basin: Breakthroughs, Knowledge Gaps, and Recommendations*. Forests, 12 (5): 603. <https://doi.org/10.3390/f12050603>

- Peterson St-Laurent G., Hagerman S., Kozak R., 2018 - *What risks matter? Public views about assisted migration and other climate-adaptive reforestation strategies*. Climatic Change, 151: 573-587. <https://doi.org/10.1007/s10584-018-2310-3>
- Pilli R., Vizzarri M., Chirici G., 2021 - *Combined effects of natural disturbances and management on forest carbon sequestration: the case of Vaia storm in Italy*. Annals of Forest Science, 78: 1-18.
- Pinosio S., Giacomello S., Faivre-Rampant P., Taylor G., Jorge V. *et al.*, 2016 - *Characterization of the Poplar Pan-Genome by Genome-Wide Identification of Structural Variation*. Molecular Biology and Evolution, 33: 2706-2719. <https://doi.org/10.1093/molbev/msw161>
- Piovesan G., Biondi F., 2021 - *On tree longevity*. New Phytologist, 231 (4): 1318-1337. <https://doi.org/10.1111/nph.17148>
- Poorter L., Craven D., Jakovac C.C., van der Sande M., 2021 - *Multidimensional tropical forest recovery*. Science, 374 (6573): 1370-1376. <https://doi.org/10.1126/science.abh3629>
- Postolache D., Oddou-Muratorio S., Vajana E., Bagnoli F., Guichoux E. *et al.*, 2021 - *Genetic signatures of divergent selection in European beech (*Fagus sylvatica* L.) are associated with the variation in temperature and precipitation across its distribution range*. Molecular Ecology, 30 (20): 5029-5047. <https://doi.org/10.1111/mec.16115>
- Prunier J., Caron S., Lamothe M., Blais S., Bousquet J. *et al.*, 2017 - *Gene copy number variations in adaptive evolution: The genomic distribution of gene copy number variations revealed by genetic mapping and their adaptive role in an undomesticated species, white spruce (*Picea glauca*)*. Molecular Ecology, 26 (21): 5989-6001. <https://doi.org/10.1111/mec.14337>
- Pugh T.A.M., Arneth A., Kautz M., Poulter B., Smith B., 2019 - *Important role of forest disturbances in the global biomass turnover and carbon sinks*. Nature Geoscience, 12 (9): 730-735. <https://doi.org/10.1038/s41561-019-0427-2>
- Rezaie N., D'Andrea E., Scartazza A., Gričar J., Prislán P. *et al.* 2023 - *Upside down and the game of C allocation*. Tree Physiology early access. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpad034>
- Rita A., Camarero J.J., Nolè A., Borghetti M., Brunetti M. *et al.*, 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. <https://doi.org/10.1111/gcb.14825>
- Roebroek C.T.J., Duveiller G., Seneviratne S.I., Davin E.L., Cescatti A. *et al.*, 2023 - *Releasing global forests from human management: How much more carbon could be stored?* Science, 380: (6646): 749-753. <https://doi.org/10.1126/science.add5878>
- Russo A., Gouveia C.M., Dutra E., Soares P.M.M., Trigo R.M., 2019 - *The synergy between drought and extremely hot summers in the Mediterranean*. En-

- Environmental Research Letters, 14: 014011. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaf09e>
- Senf C., Seidl R., 2021 - *Mapping the forest disturbance regimes of Europe*. Nature Sustainability, 4: 63-70. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-00609-y>
- Tedersoo L., Bahram M., Zobel M., 2020 - *How mycorrhizal associations drive plant population and community biology*. Science, 367 (6480): eaba1223. <https://doi.org/10.1126/science.aba1223>
- Teglia A., Di Baccio D., Matteucci G., Andrea Scartazza A., De Cinti B. *et al.*, 2022 - *Effects of simulated nitrogen deposition on the nutritional and physiological status of beech forests at two climatic contrasting sites in Italy*. Science of The Total Environment, 834: 155362. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155362>
- Temperli C., Bugmann H., Elkin C., 2012 - *Adaptive management for competing forest goods and services under climate change*. Ecological Applications, 22 (8): 2065-2077. <https://doi.org/10.1890/12-0210.1>
- Terrer C., Jackson R.B., Prentice I.C., Keenan T.F., Kaiser C. *et al.*, 2019 - *Nitrogen and phosphorus constrain the CO₂ fertilization of global plant biomass*. Nature Climate Change, 9: 684-689.
- Twardek W.M., Taylor J.J., Rytwinski T., Aitken S.N., MacDonald A.L. *et al.*, 2023 - *The application of assisted migration as a climate change adaptation tactic: An evidence map and synthesis*. Biological Conservation, 280: 109932. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2023.109932>
- Vacchiano G., Pesendorfer M.B., Conedera M., Gratzer G., Rossi L. *et al.*, 2021 - *Natural disturbances and masting: from mechanisms to fitness consequences*. Philosophical Transactions of the Royal Society B - Biological Sciences, 376: 20200384. <https://doi.org/10.1098/rstb.2020.0384>
- Vajana E., Andrello M., Avanzi C., Bagnoli F., Vendramin G.G. *et al.*, 2024 - *Spatial conservation prioritisation for intraspecific genetic diversity of three forest tree species with a fragmented distribution in Italy*. bioRxiv, 2023.11.06.565750. <https://doi.org/10.1101/2023.11.06.565750>
- Vettori C., Giannini R., Paffetti D., 2023 - *Il materiale vivaistico forestale: variabilità genetica, conservazione adattamento*. In: Atti dei Georgofili, Ricreare la Rete Nazionale della Vivaistica Forestale, Accademia dei Georgofili, Firenze, p. 273- 278.
- Weber J., King J.A., Abraham N.L., Grosvenor D., Smith J.S. *et al.*, 2024 - *Chemistry-albedo feedbacks offset up to a third of forestation's CO₂ removal benefits*. Science, 383 (6685): 860-864. <https://doi.org/10.1126/science.adg6196>
- Yeaman S., Hodgins K.A., Lotterhos K.E., Suren H., Nadeau S. *et al.*, 2016 - *Convergent local adaptation to climate in distantly related conifers*. Science, 353: 1431-1433. <https://doi.org/10.1126/science.aaf7812>

Selvicoltura, biodiversità, fauna: riflessioni e prospettive

1. INTRODUZIONE

I numerosi contributi presentati alla Sessione “Selvicoltura, biodiversità, fauna” del IV Congresso di Selvicoltura avevano confermato il forte interesse del mondo forestale italiano per le tematiche sperimentali e operative riguardanti la conservazione della diversità biologica e le interrelazioni con la selvicoltura e la gestione forestale. I risultati discussi in seno a questa Sessione avevano evidenziato una serie di prospettive per il futuro, riprese anche dalla Mozione finale del Congresso (Nocentini *et al.*, 2019). In particolare, *sul piano scientifico* si era sottolineata la necessità di:

- intensificare gli studi sui principali fattori di rischio per la conservazione della biodiversità forestale, anche in relazione ai cambiamenti climatici;
- aumentare le conoscenze sull’effetto delle interazioni fra fattori ecologici e fattori antropici sulle dinamiche evolutive delle foreste al fine di delineare scenari utili alla definizione di azioni di conservazione condivise e realmente coerenti con gli obiettivi posti;

Luigi Masutti: Già Professore Ordinario di Zoologia agraria e forestale, Università di Padova.

Renzo Motta: Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari, Università di Torino.

Susanna Nocentini: Professoressa Emerita, Università di Firenze.

Paolo Paolucci: Naturalista; Accademico Corrispondente dell’Accademia Italiana di Scienze Forestali.

- proseguire nella rivisitazione in termini moderni delle basi della selvicoltura, rafforzando la conoscenza e la combinazione concettuale di discipline biologiche *sensu lato*, che finora spesso hanno marciato lungo solchi separati nella preparazione scientifica e tecnica del forestale;
- favorire l'integrazione e la collaborazione tra le Università e i diversi Enti e Istituzioni che si occupano di ricerca e sperimentazione nell'ambito della selvicoltura e della gestione forestale.

Sul *piano operativo* le principali indicazioni erano state di:

- rendere operativi i decreti attuativi del D.lgs. 34/2018, anche prevedendo finanziamenti con risorse derivanti dal risparmio ottenibile in termini di difesa del territorio mediante l'attivazione di una selvicoltura che metta in primo piano la funzionalità degli ecosistemi forestali;
- incrementare l'attività di trasferimento dei risultati della ricerca in indicazioni pratico-operative direttamente utilizzabili dai gestori, anche attraverso l'ampliarsi delle collaborazioni fra specialisti di discipline diverse con specialisti e tecnici più tipicamente forestali, e l'arricchirsi degli scambi di studi e di esperienze con le associazioni professionali e i servizi forestali delle Regioni;
- rafforzare le azioni di monitoraggio, basate su indicatori e metodologie in grado di integrare i diversi fattori coinvolti, in modo da consentire la verifica e l'adattamento delle azioni di conservazione della biodiversità forestale nei vari contesti;
- proseguire nell'integrazione fra la gestione faunistica e la gestione e pianificazione forestale, soprattutto per quelle specie animali che possono avere un impatto rilevante sui popolamenti forestali, anche tramite il dialogo costruttivo tra associazioni ambientaliste, associazioni venatorie, gestori e proprietari forestali;
- ribadire in tutte le sedi che la selvicoltura, attività basata sul principio che il bosco è un sistema biologico complesso, svolge un ruolo strategico per la cura del bosco inteso sia come valore in sé sia come fornitore di beni e utilità alla società, non solo nelle aree interne del Paese ma anche in quelle urbane e periurbane;
- concretizzare la Rete nazionale dei "boschi vetusti", elemento essenziale per la conservazione della biodiversità animale e vegetale, nonché per valutare l'impatto delle attività selvicolturali sugli ecosistemi

- forestali e la loro sostenibilità, favorendone la connettività ecologica mediante la realizzazione di una vera Rete ecologica territoriale;
- garantire il coordinamento delle misure di conservazione nelle aree protette e nella Rete Natura 2000, con la gestione integrata bosco-fauna.

Sul *piano istituzionale e normativo* era stata infine evidenziata la necessità di rendere operativa la prima Strategia Forestale Nazionale.

Per fare il punto a cinque anni di distanza dal Congresso di Torino abbiamo analizzato lo stato dell'arte, sia sul piano della ricerca scientifica, sia sul piano istituzionale e operativo, con l'obiettivo di verificare se vi siano stati dei progressi relativamente a quanto prospettato allora, ed evidenziare eventuali criticità.

In particolare, per quanto riguarda i rapporti fra selvicoltura e biodiversità, si riferisce sulle principali indagini scientifiche che nel quinquennio di riferimento hanno fornito indicazioni utili anche sul piano operativo. Per gli aspetti faunistici è stato effettuato un focus sugli effetti delle avversità atmosferiche sulla fauna forestale, in particolare a seguito della tempesta Vaia.

Sul piano istituzione questo periodo ha visto alcune importanti novità che avranno sicuramente rilevanti ricadute sulla selvicoltura e la gestione forestale.

2. SELVICOLTURA E BIODIVERSITÀ: LA RICERCA SCIENTIFICA

In questi ultimi anni si sono intensificati, in tutto il mondo ed anche in Italia, gli studi sui principali fattori di rischio per la conservazione della biodiversità forestale. A livello planetario gli agenti della riduzione della biodiversità sono molteplici e sono purtroppo ancora fortemente condizionati dalla riduzione complessiva della superficie forestale che è prevalentemente concentrata nella fascia equatoriale tropicale (FAO, 2020). Nella fascia temperata, ed in particolare in Italia, la copertura forestale è in continuo aumento da un punto di vista quantitativo (Gasparini *et al.*, 2022) e questo ha delle conseguenze prevalentemente positive ma, in alcuni casi, anche negative sulla conservazione della biodiversità. Tra gli aspetti positivi, legati all'aumento

della copertura forestale ma, soprattutto, alla riduzione della pressione antropica sui popolamenti forestali ed all'aumento delle foreste che sono in fase di invecchiamento rispetto a quelli che fino ad alcuni decenni orsono erano considerati turni consuetudinari, c'è l'aumento delle specie che caratterizzano le fasi maturità/invecchiamento quali gli insetti saproxilici ed i licheni. In generale l'abbandono di alcune foreste ha provocato un incremento della diversità strutturale ed il progressivo accumulo di legno morto che ha favorito l'aumento di queste specie (Parisi *et al.*, 2019; Parisi *et al.*, 2021; Ravera *et al.*, 2023). Sempre in relazione al processo di abbandono e alla riduzione della pressione antropica, in questi ultimi anni si è molto sviluppata la ricerca e l'analisi dell'importanza degli alberi habitat e dei "tree-related microhabitats" per la conservazione e valorizzazione della biodiversità (Marziliano *et al.*, 2021; Santopuoli *et al.*, 2022).

Nello stesso tempo l'abbandono può provocare una perdita della biodiversità, soprattutto di quella parte legata alla diversità bio-culturale (Zannini *et al.*, 2021; Agnoletti *et al.*, 2022; Motta *et al.*, 2023). Infatti molti paesaggi culturali, creati dalla secolare attività dell'uomo, hanno dato origine ad una diversità peculiare che è anche riconosciuta dall'Unione Europea e dalla Direttiva Habitat (Santoro e Piras, 2023). Un altro fattore importante consiste nella progressiva perdita di spazi aperti in diversi settori altitudinali: l'abbandono delle attività pastorali, agricole e, in alcuni casi, la riduzione dei tagli forestali hanno portato alla chiusura degli spazi aperti e alla scomparsa degli habitat e delle specie selvatiche a essi legati, con una diminuzione della diversità del paesaggio e della conseguente biodiversità (Garbarino *et al.*, 2020; Anselmetto *et al.*, 2024).

In questa prospettiva di aumento della copertura forestale e di riduzione della pressione antropica si inseriscono anche gli impatti attuali e futuri legati al cambiamento climatico. Le ricerche relative all'impatto del cambiamento climatico sono state rivolte sia agli effetti di questo nei confronti della resistenza/resilienza delle specie (Forzieri *et al.*, 2022; Martinez del Castillo *et al.*, 2022), sia alle conseguenze del cambiamento climatico nei confronti del regime di disturbi naturali (Forzieri *et al.*, 2021; Patacca *et al.*, 2023) e di eventi estremi con particolare riferimento alla siccità che ha colpito diverse regioni italiane in questi ultimi anni (D'Andrea *et al.*, 2020; de Wergifosse *et al.*, 2022).

Nell'ambito dei disturbi naturali un ruolo di rilievo nella ricerca italiana hanno avuto sia il fuoco (Ascoli *et al.*, 2021; Spadoni *et al.*, 2023) e sia la tempesta Vaia che ha riguardato non solo il vento (Lingua *et al.*, 2023) ma anche la successiva pullulazione di bostrico (Bozzini *et al.*, 2023). Attorno alla tempesta Vaia si è sviluppato un importante dibattito scientifico indirizzato alle strategie di ripristino ed alla composizione e struttura dei popolamenti forestali con particolare riferimento alle peccete pure (Battisti, 2008; Battisti *et al.*, 2023).

Nei confronti delle foreste vetuste l'interesse della ricerca in Italia ed il contributo sull'argomento da parte dei gruppi di ricerca italiani si attesta come uno dei più rilevanti a livello europeo (Motta *et al.*, 2022). I principali lavori hanno riguardato definizioni, criteri e mappatura delle foreste primarie e vetuste (Sabatini *et al.*, 2020; Borghi *et al.*, 2023), indicatori strutturali e biologici (Parisi *et al.*, 2021; Santopuoli *et al.*, 2022), politiche di conservazione ed impatto antropico (Cagliero *et al.*, 2022; Mikoláš *et al.*, 2023) ed impatto del cambiamento climatico (Colangelo *et al.*, 2021).

Lo stato attuale della ricerca in Italia sulle foreste vetuste permette già ora di avere una serie di conoscenze che possono essere utilizzate per la realizzazione di una rete nazionale adeguata sia agli scopi di conservazione sia come supporto alla gestione sostenibile delle risorse naturali, integrando attributi e aree di vetustà in foreste multifunzionali.

Un aspetto particolarmente positivo che si è osservato dopo il Congresso di Torino è stata una sempre maggiore integrazione e collaborazione tra Università, Enti di Ricerca e Istituzioni che hanno competenze e che si occupano di selvicoltura e di gestione forestale. Anche grazie ad un coordinamento molto attento e partecipato svolto dalla Direzione Foreste del MASAF (Stefani, 2021) si sono sviluppati diversi Tavoli di coordinamento a livello nazionale e locale che hanno permesso di consolidare una "massa critica" di settore che ha portato a diversi risultati, sperimentali ed applicativi, di grande interesse e che avranno ricadute molto positive nei prossimi anni. Questo ha riguardato anche la ricerca di carattere selvicolturale che ha visto, in questi ultimi anni, una serie di sviluppi legati alla Strategia Europea per le Foreste 2030 (Larsen *et al.*, 2022; Motta e Larsen, 2022), alla Strategia forestale italiana ed allo sviluppo del dibattito culturale, sociale e scientifico che coinvolge ricerca-

tori, portatori di interesse e società civile (Branca *et al.*, 2020; Nocentini *et al.*, 2020; Aszalós *et al.*, 2022; Latterini *et al.*, 2023).

3. LA FAUNA FORESTALE ITALIANA DOPO VAIA

Nel quinquennio trascorso gli ecosistemi forestali di un cospicuo tratto dell'arco alpino italiano hanno subito le conseguenze di due inesorabili fattori di modificazione:

1. il tempo, come successione cronologica di eventi, secondo quanto esaminato nel Congresso di Torino 2018;
2. l'uomo, come curatore dello sviluppo privilegiato dell'abete rosso anche in ambienti inadatti, o mal adatti, a ospitare tale conifera.

Vaia e il "bostrico" hanno decretato la fine di un atto della vicenda di una biocenosi che ora si dovrà accompagnare in una delicata ripresa, di cui manca un ammaestramento da precedenti esperienze, e, nelle aree rimaste scoperte, anche una prima provvisoria protezione da alberi e arbusti e novellame in crescita.

Nel frattempo, annullata dagli xilofagi *s.l.* ogni possibilità di sollecito recupero di habitat, rispettate o riavute sedi di animali terricoli o rintanati, esonerati i volatili migranti o gli stagionali dal furore del maltempo, resta sgombro il campo per le presenze di insetti "erbivori", per gli impollinatori (tra cui le api), per gli elaboratori di residui organici e per le micorrize.

Sulla vegetazione nuova o rinata grava l'aggiungersi, il perdurare o l'accrescersi delle presenze di consumatori più o meno esigenti, erbivori e carnivori. Bisognerà sorvegliarli nell'azione, perché le funzioni dei ristrutturati ecosistemi si avviino senza troppi scompensi. Gli esperti prevedono che decorra un decennio o un quindicennio per il ricostituirsi di una copertura erbosa adatta a rifornire di pascolo i cervidi e di prede equilibratamente disponibili per i carnivori.

È fondata convinzione comune che il lupo stia colonizzando ampiamente il territorio nazionale seguendo il cinghiale, sua relativamente facile vittima. Entrambi i mammiferi trovano ordinariamente nel bosco sedi di vita idonee a soddisfare le loro esigenze di esistenza celata e protetta dal frascame, l'uno per l'incontrastato approvvigionamento

di qualsiasi cibo, l'altro, il lupo, per cercare e inseguire le sue prede, che, tuttavia, in branco, esso aggredisce anche con assalti. È per questo che la sua diffusione suscita il malcontento e il timore degli allevatori, soprattutto in zone alpestri, facilmente e insistentemente esplorate dal canide. Non si sono verificati assalti all'uomo, ma si temono gli avvicinamenti a gitanti in varie zone di pianura. Il lupo è un diffusore della rabbia nel circuito selvatico.

Un'altra presenza di problematica tollerabilità è quella dell'orso bruno su monti del Trentino, soprattutto e comprensibilmente, dopo che un animale, nel tempo qui considerato, ha aggredito e ucciso una persona. L'orso vivrebbe a proprio agio nel territorio di sua attuale dimora, dopo essere stato rinsanguato per introduzione di ceppi dall'estero, ma il recente episodio fatale sembra aver colmato la misura della sopportazione umana nel difficile coesistere con il selvatico sfruttatore delle risorse ambientali: pascolo per animali aggredibili, spazio per il tranquillo sviluppo della prole, allevamento di api, indisturbata esplorazione dei luoghi, etc. Per queste ragioni le autorità competenti hanno elaborato e stanno aggiornando disposizioni, al fine di proteggere le persone e i beni economici e, nello stesso tempo, concorrere a diffondere negli abitanti e nei visitatori ragionevoli richiami alla responsabilità personale e sociale.

A un insieme di iniziative o trascuratezze umane è imputabile la progressiva invasione del territorio nazionale da parte del cinghiale, onnivoro sfruttatore di disparati alimenti naturali e di disordinati accumuli di rifiuti dell'attività umana. Fecondità, voracità, vigore fisico, attitudini a cercare cibo grufolando energicamente si aggiungono a render ragione delle attuali favorevoli condizioni di vita per il suide, che, come anticipato, trova nel lupo, soltanto nelle fasi giovanili dello sviluppo, il principale fattore limitante della propria espansione. Il cinghiale gode dell'interesse venatorio, che ne ha curato la modificazione genetica di ceppi indigeni con reiterate introduzioni di stirpi dall'estero e con mirati incroci. Oggi in molti nostri boschi, nelle limitrofe campagne e perfino ai bordi di importanti città si aggirano branchi di cinghiali, pronti a invadere ortaglie, a sconvolgere seminati agrari e forestali, a devastare vigneti, a strappare zolle frugando in spazi inerbati, etc. Ancora insufficienti a limitare la dannosità del cinghiale si dimostrano o si prospettano vari provvedimenti adottati o espediti

suggeriti. È già impegnativo il procedere a censimenti. Catture e abbattimenti controllati si sono finora dimostrati localmente efficaci.

È ormai stabile la presenza in Italia dello sciacallo dorato, che ha aggredito ovini e procurato danni in allevamenti di selvatici confinati. Ai limiti nord-orientali del territorio nazionale si muove la lince, malvista dai cacciatori.

Rivestono interesse gli avvenuti insediamenti di scoiattoli esotici. Da tempo si è stabilito da noi quello ormai noto come “grigio”. Esso contende nel bosco spazio e risorse alimentari al nostrale “rosso”, ma finora non risulta che si siano verificate conseguenze di eventuali contrasti a danno della selvicoltura. In Gran Bretagna le difficoltà di coesistenza delle due specie sembrano essersi almeno temporaneamente risolte con una spontanea separazione di ambiente vitale: in alto, tra le conifere, il “grigio”; in basso, tra le latifoglie, il “rosso”.

La nutria, quasi esclusivamente vegetariana, è presente da decenni in Italia. A suo tempo introdotta come animale da pelliccia, si è diffusa in habitat d’acqua provocando insidiosi pericoli con l’azione di scavo negli argini erbosi di canali e bacini. Illusorio sembra contare sul crescente affermarsi della presenza del lupo, suo frequente predatore, come fattore limitante.

Quanto all’avifauna, il tempo sta rivelando che le amplissime doti di mobilità possedute dagli uccelli influiscono sul comportamento di varie specie al mutare delle condizioni di vita.

Ciò non spiega tuttavia come le popolazioni di alcuni volatili si siano con ogni evidenza rarefatte: tale è stata, per esempio, la sorte dell’allodola, del saltimpalo, dell’averla piccola, dell’usignolo.

Quelle di altri uccelli, invece, si sono adattate a nuove situazioni e hanno colonizzato zone in precedenza trascurate: così è stato per la cornacchia grigia, per la gazza e per la ghiandaia, ora presenti anche in centri abitati.

Da poco sono presenti al nord l’airone guardabuoi e i due cormorani, dei quali, il piccolo, si può incontrare lungo corsi d’acqua urbani; il secondo, il comune, ostacola i pescatori e gli allevatori di pesce.

In giardini e altri luoghi arborati nidificano parrocchetti ormai “di casa”. Perfino l’africano medio-orientale ibis sacro si trova nella Pianura Padana.

Le avverse condizioni climatiche di fine 2023 hanno sospinto nel nostro nord est una stagionalmente straordinaria invasione di peppole affamate, in fuga da foreste centro europee, dove di norma in gran parte questi passeriformi, considerati dannosi alla rinnovazione naturale delle faggete, comunemente svernano.

4. NOVITÀ NEL QUADRO ISTITUZIONALE E NORMATIVO

A partire dal 2018 si sono verificate alcune importanti novità sul piano normativo sia a livello europeo sia su quello nazionale, che avranno un impatto sulle strategie operative per la conservazione della biodiversità forestale in rapporto alla selvicoltura e alla gestione. In particolare, sono state emanate la Strategia Europea per la Biodiversità 2030, la Strategia Europea per le Foreste 2030, la Strategia Nazionale per la Biodiversità 2030, la prima Strategia Forestale Nazionale e alcuni Decreti attuativi del Testo Unico in materia di Foreste e Filieri forestali, in particolare quello sui Boschi vetusti e sui Boschi monumentali.

La Strategia Europea per la Biodiversità 2030 ha un ruolo centrale nell'*European Green Deal*, e con lo slogan “Bringing back nature into our lives” tenta di superare la dicotomia natura-economia, per andare verso un futuro che sia efficiente dal punto di vista dell’uso delle risorse, climaticamente neutrale e socialmente giusto. I quattro pilastri della Strategia sono proteggere la natura, restaurare la natura, favorire un cambiamento trasformativo e sostenere la biodiversità a livello globale, perseguendo l’obiettivo di proteggere in aree protette almeno il 30% della superficie terrestre e di sottoporre a tutela rigorosa almeno il 10% della superficie terrestre. Inoltre, si chiede agli Stati membri di promuovere pratiche forestali *biodiversity-friendly* e approcci selvicolturali vicini alla natura.

Anche la Strategia Forestale Europea 2030, emanata nel 2021, riprende la necessità di proteggere le ultime foreste primarie e vetuste rimaste in Europa e sottolinea l’urgenza di rafforzare il ruolo della gestione forestale sostenibile per aumentare la resilienza delle foreste e la loro capacità di adattamento ai cambiamenti climatici, con un impegno a “predisporre linee guida per la definizione delle foreste pri-

marie ed antiche, che ne comprenda la definizione, la mappatura, il monitoraggio e la protezione rigorosa”. Queste linee guida, pubblicate il 21 marzo 2023 (European Union Commission, 2023), stabiliscono criteri per l’identificazione delle aree forestali primarie e vetuste sulla base di un elenco di indicatori o principi indicando tempistiche per la loro mappatura e rigorosa protezione.

La necessità di aumentare il grado di naturalità nel territorio dell’Unione Europea è al centro di un’altra importante proposta, la cosiddetta *Nature restoration law*. Dopo una lunga discussione il 22 novembre 2023 è stata raggiunta una versione “di compromesso” in seno al comitato dei rappresentanti permanenti del Parlamento Europeo.

La proposta mira a definire delle regole a livello europeo sul “restauro” degli ecosistemi per assicurare il ripristino di una natura biodivera e resiliente, contribuendo così anche agli obiettivi europei di mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici. Gli Stati membri dovranno adottare misure efficaci di ripristino degli ecosistemi degradati o in cattivo stato di conservazione su almeno il 20% del territorio terrestre e il 20% del territorio marino entro il 2030, ed entro il 2050 per tutti gli ecosistemi che necessitano di ripristino. In particolare, gli Stati membri dovranno applicare misure di ripristino per gli habitat elencati nell’Allegato 1 del regolamento, che ricalca la Direttiva Habitat, con i seguenti obiettivi temporali: almeno il 30% al 2030, almeno il 60% al 2040, e almeno il 90% al 2050, secondo quanto stabilito dai Piani nazionali di ripristino (*National restoration plans*), che dovranno essere emanati dagli Stati membri. Questi Piani dovranno riguardare anche gli ecosistemi forestali, tenendo in considerazione una serie di indicatori di naturalità, quali la necromassa legnosa, la proporzione di foreste con struttura disetanea, la connettività forestale, lo *stock* di carbonio organico, la proporzione di foreste dominate da specie indigene, la diversità di specie arboree, e il *Common forest bird index* (indice dell’avifauna comune degli habitat forestali).

A livello nazionale una fondamentale novità sul piano istituzionale è stata la modifica agli articoli 9 e 41 della Costituzione italiana, approvata l’8 febbraio 2022. Con questa modifica l’ambiente, la biodiversità e gli ecosistemi vengono inseriti fra i valori primari tutelati nei principi fondamentali della carta costituzionale. Le ricadute sul

piano operativo e in particolare sul piano della conservazione della biodiversità forestale e della selvicoltura devono ancora essere valutate compiutamente, ma indubbiamente questo inserimento raccoglie un sentimento ormai diffuso, cioè che l'ambiente e la natura hanno anche valore in sé e quindi la loro tutela è una priorità assoluta per la società.

La Strategia Nazionale per la Biodiversità 2030 conferma la visione al 2050 della precedente Strategia: la biodiversità e le utilità ecosistemiche, nostro capitale naturale, devono essere conservate, valutate e, per quanto possibile, ripristinate, per il loro valore intrinseco e perché possano continuare a sostenere in modo durevole la prosperità economica e il benessere umano nonostante i profondi cambiamenti in atto a livello globale e locale. La SNB tiene conto del valore della biodiversità per il contrasto ai cambiamenti climatici, la salute e l'economia, contribuisce al raggiungimento degli obiettivi dell'Agenda 2030 e si integra ad altri strumenti strategici nazionali.

In linea con la Strategia Europea per la Biodiversità, la SNB prevede il raggiungimento del 30% di aree protette da istituire a terra e a mare, e del 10% di aree rigorosamente protette; in particolare, dovrà essere protetto in maniera rigorosa almeno un terzo delle aree legalmente protette terrestri (incluse tutte le foreste primarie e vetuste) e marine. Se consideriamo questi obiettivi per tipologia di uso del suolo, in Italia la superficie forestale complessiva compresa all'interno di tutte le aree a protezione ambientale (aree protette e Natura 2000) raggiunge quasi un terzo di tutte le foreste e le aree boscate italiane (SNB 2030), mentre ben più lontano è il target del 10% di protezione rigorosa. Questo obiettivo richiederà anche nel nostro Paese uno sforzo di adeguamento che andrà a interessare in maniera importante la superficie forestale, in particolare per quanto riguarda le aree di protezione integrale dove dovranno essere inclusi gli ecosistemi forestali che presentano caratteri di naturalità e di vetustà effettiva o potenziale.

La SNB 2030 mira inoltre a ottenere foreste caratterizzate da una maggiore funzionalità ecosistemica, più resilienti e meno frammentate. Sul piano operativo una azione specifica è dedicata alla gestione e naturalizzazione, ove opportuno, degli imboschimenti e dei rimboschimenti artificiali, tema già da tempo discusso ma forse ancora non sufficientemente tradotto in realtà.

Nel 2022 è stata approvata la prima *Strategia italiana per il settore forestale e le sue filiere*, documento strategico di indirizzo nazionale previsto dal Decreto legislativo 3 aprile 2018 n. 34 (TUFF), che si propone di “portare il Paese ad avere foreste estese e resilienti, ricche di biodiversità, capaci di contribuire alle azioni di mitigazione e adattamento alla crisi climatica, offrendo benefici ecologici, sociali ed economici per le comunità rurali e montane, per i cittadini di oggi e per le prossime generazioni.” Le Regioni e le Province Autonome dovranno emanare i propri Programmi forestali regionali seguendo le indicazioni della SFN.

La SFN dedica ampio spazio nelle varie Azioni, Sotto-Azioni e Azioni specifiche, all’urgenza di conservare la biodiversità forestale. Viene ribadita l’importanza del monitoraggio per conoscere lo stato di conservazione della biodiversità e della funzionalità ecosistemica dei boschi d’Italia sviluppando un unico modello nazionale di monitoraggio, così come la necessità di conservare la biodiversità a tutti i livelli di pianificazione forestale. Il fondamentale ruolo della biodiversità per aumentare la resistenza e soprattutto la resilienza ai cambiamenti climatici, si traduce in azioni a sostegno dell’adozione di pratiche selvicolturali anche a macchiatico negativo (disetaneizzazione dei popolamenti, diversificazione della composizione e della struttura, migrazione assistita, rinnovazione naturale, ecc.) volte ad aumentare la diversità forestale e favorire le dinamiche naturali. Negli imboschimenti e nei rimboschimenti artificiali la SFN promuove interventi selvicolturali volti a incrementare il grado di naturalità e la stabilità delle formazioni attraverso il miglioramento strutturale e compositivo, procedendo con gradualità e con interventi distribuiti nel tempo e nello spazio, assicurando lo sviluppo di strutture complesse e adattative.

Vengono promossi il ripristino e la connessione di formazioni e popolamenti forestali frammentati e di particolare valore bio-ecologico (come le foreste planiziali, ripariali e vetuste) allo scopo di consolidare ed ampliare le Reti ecologiche regionali e transnazionali. Azioni specifiche sono poi previste per il riconoscimento, censimento e tutela degli Alberi monumentali e dei Boschi vetusti, per i quali la SFN rimanda a quanto previsto dal Testo Unico per le Foreste e le Filiere forestali.

Come già ricordato, un aspetto particolare evidenziato a Torino e che ha visto in questi anni accrescere, oltre all'interesse scientifico, anche l'attenzione sul piano normativo è quello delle foreste primarie e vetuste. L'Italia ha precorso i tempi della UE e già nel dicembre 2019 (Decreto Legge del 14 ottobre 2019, n. 111) ha definito le caratteristiche generali di un bosco vetusto, inteso come una “superficie boscata costituita da specie autoctone spontanee coerenti con il contesto biogeografico, con una biodiversità caratteristica conseguente all'assenza di disturbi da almeno sessanta anni e con la presenza di stadi seriali legati alla rigenerazione ed alla senescenza spontanee”. A questo provvedimento è seguito il Decreto del 18 novembre 2021 che ha approvato le “Linee guida per l'identificazione delle aree definibili come boschi vetusti” e la conseguente creazione della Rete Nazionale dei Boschi Vetusti.

5. CONCLUSIONI: CRITICITÀ E PROSPETTIVE IN VISTA DEL V CONGRESSO DI SELVICOLTURA

Il periodo trascorso dal Congresso di Torino è relativamente breve se confrontato con i tempi generalmente richiesti dalla sperimentazione in campo forestale e perché proposte e indicazioni che scaturiscono da consessi e dibattiti fra addetti ai lavori possano trovare una concreta applicazione. Ciononostante, in questo periodo si sono avute diverse importanti novità, insieme ad alcune conferme.

Sul piano scientifico la ricerca italiana sui rapporti fra selvicoltura e biodiversità si è confermata molto attiva, addirittura all'avanguardia su alcuni temi, come quello dei boschi vetusti, con importanti ricadute sull'implementazione della rete nazionale. A questo si sono accompagnati promettenti sviluppi dei rapporti sul piano istituzionale, come auspicato nel Congresso di Torino, e molte novità sul piano normativo. Ora tocca ai diversi livelli di governance, soprattutto quello regionale, raccogliere quanto previsto dalla Strategia Forestale Nazionale con l'elaborazione dei programmi forestali regionali che tengano in debito conto le esigenze di conservare la biodiversità forestale e la funzionalità complessiva degli ecosistemi forestali.

Tuttavia in questo periodo si sono manifestate anche alcune criticità, legate principalmente all'aggravarsi della crisi climatica, che comporterà uno sforzo ancora maggiore per comprendere le ricadute sulla resilienza delle foreste e sul ruolo della biodiversità e della selvicoltura. In questi ultimi anni si sono poi evidenziati gli effetti delle avversità atmosferiche sulla fauna forestale, il verificarsi di aggressione di animali a esseri umani e a vertebrati allevati; e il perdurare della crescente diffusione di alcuni elementi faunistici incontrollati, tutti aspetti che richiedono una particolare attenzione per le criticità che pongono a un rapporto equilibrato fra natura, biodiversità e società umana. In particolare, sarà necessario impostare e diffondere chiare informazioni sulla coesistenza tra esseri umani, attività antropiche e fauna selvatica con particolare riferimento ai grandi predatori. Inoltre, le iniziative di costituzione e ricostituzione della copertura forestale esigono un controllo dell'azione di erbivori domestici e, soprattutto, selvatici sulla rinnovazione naturale o artificiale.

L'accrescersi della sensibilità ambientale nella società è una opportunità da cogliere per il settore forestale perché può rappresentare un supporto fondamentale all'implementazione di politiche di salvaguardia della biodiversità. Occorre però fare uno sforzo per comunicare le potenzialità e le sinergie della selvicoltura e della gestione forestale per la conservazione della funzionalità e della resilienza degli ecosistemi forestali. Sul piano scientifico è necessario proseguire nello studio delle interazioni fra fattori ecologici, in particolare il cambiamento climatico, e fattori antropici sulle dinamiche evolutive delle foreste, al fine di delineare scenari utili alla definizione di azioni di conservazione della biodiversità che tengano conto dei molteplici valori del bosco per la società attuale.

BIBLIOGRAFIA

- Agnoletti M., Piras F., Venturi M., Santoro A., 2022 - *Cultural values and forest dynamics: The Italian forests in the last 150 years*. *Forest Ecology and Management*, 503: 119655. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119655>
- Anselmetto N., Weisberg P.J., Garbarino M., 2024 - *Global change in the European Alps: A century of post-abandonment natural reforestation at the land-*

- scape scale*. Landscape and Urban Planning, 243: 104973. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2023.104973>
- Ascoli D., Moris J.V., Marchetti M., Sallustio L., 2021 - *Land use change towards forests and wooded land correlates with large and frequent wildfires in Italy*. Annals of Silvicultural Research, 46 (2): 177-188. <https://doi.org/10.12899/asr-2264>
- Aszalós R., Thom D., Aakala T., Angelstam P., Brümelis G. *et al.*, 2022 - *Natural disturbance regimes as a guide for sustainable forest management in Europe*. Ecological Applications, 32: e2596. <https://doi.org/10.1002/eap.2596>
- Battisti A., 2008 - *Forests and climate change - lessons from insects*. iForest - Biogeosciences and Forestry, 1: 1-5. <https://doi.org/10.3832/ifer0210-0010001>
- Battisti A., Grigolato S., Lingua E., 2023 - *Five years after Vaia: Forest and land management in mountain environments: experiences and knowledge five years after the Vaia storm*. L'Italia forestale e montana, 78: 197-213. <https://doi.org/10.36253/ifm-1121>
- Borghi C., Francini S., McRoberts R.E., Parisi F., Lombardi F. *et al.*, 2023 - *Country-wide assessment of biodiversity, naturalness and old-growth status using national forest inventory data*. European Journal of Forest Research, 143: 271-303. <https://doi.org/10.1007/s10342-023-01620-6>
- Bozzini A., Francini S., Chirici G., Battisti A., Faccoli M., 2023 - *Spruce Bark Beetle Outbreak Prediction through Automatic Classification of Sentinel-2 Imagery*. Forests, 14 (6): 1116. <https://doi.org/10.3390/f14061116>
- Branca G., Piredda I., Scotti R., Chessa L., Murgia I. *et al.*, 2020 - *Forest Protection Unifies, Silviculture Divides: A Sociological Analysis of Local Stakeholders' Voices after Coppicing in the Marganai Forest (Sardinia, Italy)*. Forests 11(12): 1353. <https://doi.org/10.3390/f11121353>
- Cagliero E., Morresi D., Paradis L., Curovic M., Spalevic V. *et al.*, 2022 - *Legacies of past human activities on one of the largest old-growth forests in the south-east European mountains*. Vegetation History and Archaeobotany, 4: 415-430. <https://doi.org/10.1007/s00334-021-00862-x>
- Colangelo M., Camarero J.J., Gazol A., Piovesan G., Borghetti M. *et al.*, 2021 - *Mediterranean old-growth forests exhibit resistance to climate warming*. Science of the Total Environment, 801: 149684. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149684>
- D'Andrea E., Rezaie N., Prislán P., Gričar J., Collalti A. *et al.*, 2020 - *Frost and drought: Effects of extreme weather events on stem carbon dynamics in a Mediterranean beech forest*. Plant, Cell & Environment, 43: 2365-2379. <https://doi.org/10.1111/pce.13858>
- de Wergifosse L., André F., Goosse H., Boczon A., Cecchini S. *et al.*, 2022 - *Simulating tree growth response to climate change in structurally diverse oak and beech forests*. Science of The Total Environment 806: 150422. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150422>

- European Union Commission, 2023 - *Commission Guidelines for Defining, Mapping, Monitoring and Strictly Protecting EU Primary and Old-Growth Forests*. In: SWD (2023) 62 final, European Union, Bruxelles.
- FAO, 2020 - *Global Forest Resources Assessment 2020: Main report*. FAO, Rome.
- Forzieri G., Dakos V., McDowell N.G., Ramdane A., Cescatti A., 2022 - *Emerging signals of declining forest resilience under climate change*. *Nature*, 608: 534-539. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-04959-9>
- Forzieri G., Girardello M., Ceccherini G., Spinoni J., Feyen L. et al., 2021 - *Emergent vulnerability to climate-driven disturbances in European forests*. *Nature Communications*, 12: 1081. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-21399-7>
- Garbarino M., Morresi D., Urbinati C., Malandra F., Motta R. et al., 2020 - *Contrasting land use legacy effects on forest landscape dynamics in the Italian Alps and the Apennines*. *Landscape Ecology*, 35: 2679-2694. <https://dx.doi.org/10.1007/s10980-020-01013-9>
- Gasparini P., Di Cosmo L., Floris A., De Laurentis D., 2022 - *Italian National Forest Inventory - Methods and Results of the Third Survey: Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio - Metodi e Risultati della Terza Indagine*. Springer Nature.
- Larsen J.B., Angelstam P., Bauhus J., Carvalho J.F., Diaci J. et al., 2022 - *Closer to nature forest management. From Science to policy 12*. European Forest Institute, 53 p. <https://doi.org/10.36333/fs12>
- Latterini F., Mederski P.S., Jaeger D., Venanzi R., Tavankar F. et al., 2023 - *The Influence of Various Silvicultural Treatments and Forest Operations on Tree Species Biodiversity*. *Current Forestry Reports*, 9: 59-71.
- Lingua E., Marques G., Marchi N., Garbarino M., Marangon D. et al., 2023 - *Post-Fire Restoration and Deadwood Management: Microsite Dynamics and Their Impact on Natural Regeneration*. *Forests*, 14 (9): 1820. <https://doi.org/10.3390/f14091820>
- Martinez del Castillo E., Zang C.S., Buras A., Hacket-Pain A., Esper J. et al., 2022 - *Climate-change-driven growth decline of European beech forests*. *Communications Biology*, 5: 163. <https://doi.org/10.1038/s42003-022-03107-3>
- Marziliano P.A., Antonucci S., Tognetti R., Marchetti M., Chirici G. et al., 2021 - *Factors affecting the quantity and type of tree-related microhabitats in Mediterranean mountain forests of high nature value*. *iForest - Biogeosciences and Forestry*, 14 (3): 250-259. <https://doi.org/10.3832/ifer3568-014>
- Mikoláš M., Piovesan G., Ahlström A., Donato D.C., Gloor R. et al., 2023 - *Protect old-growth forests in Europe now*. *Science*, 380 (6644): 466. <https://doi.org/10.1126/science.adh2303>
- Motta R., Garbarino M., Berretti R., Bono A., Curovic M. et al., 2023 - *Monastic silviculture legacies and current old-growthness of silver fir (Abies alba) forests*

- in the northern Apennines (Italy)*. *Frontiers in Forests and Global Change*, 6. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2023.1252462>
- Motta R., Garbarino M., Lingua E., Lombardi F., Tognetti R., 2022 - *La ricerca italiana ed il ruolo della comunità scientifica nella realizzazione dell'Albo nazionale delle "Foreste vetuste"*. *Forest@ - Rivista di Selvicoltura ed Ecologia Forestale*, 19: 36-48. <https://doi.org/10.3832/efor4110-019>
- Motta R., Larsen J., 2022 - *Un nuovo paradigma per la gestione forestale sostenibile: la selvicoltura "piu" prossima alla natura*. *Forest@ - Rivista di Selvicoltura ed Ecologia Forestale*, 19: 52-62. <https://doi.org/10.3832/efor4124-019>
- Nocentini S., Masutti L., Motta R., 2019 - *Selvicoltura, biodiversità, fauna*. In: *Il bosco. Bene indispensabile per un presente vivibile e un futuro possibile*. A cura di O. Ciancio e S. Nocentini, Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, p. 39-51. <https://www.aisf.it/wp-content/uploads/2019/10/bosco-bene-indispensabile.pdf>
- Nocentini S., Ciancio O., Portoghesi L., Corona P., 2020 - *Historical roots and the evolving science of forest management under a systemic perspective*. *Canadian Journal of Forest Research*, 51: 163-171. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2020-0293>
- Parisi F., Di Febbraro M., Lombardi F., Biscaccianti A.B., Campanaro A. *et al.*, 2019 - *Relationships between stand structural attributes and saproxylic beetle abundance in a Mediterranean broadleaved mixed forest*. *Forest Ecology and Management*, 432: 957-966. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.10.040>
- Parisi F., Innangi M., Tognetti R., Lombardi F., Chirici G., Marchetti M., 2021 - *Forest stand structure and coarse woody debris determine the biodiversity of beetle communities in Mediterranean mountain beech forests*. *Global Ecology and Conservation*, 28: e01637. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2021.e01637>
- Patacca M., Lindner M., Lucas-Borja M.E., Cordonnier T., Fidej G. *et al.*, 2023 - *Significant increase in natural disturbance impacts on European forests since 1950*. *Global Change Biology*, 29 (5): 1359-1376. <https://doi.org/10.1111/gcb.16531>
- Ravera S., Benesperi R., Bianchi E., Brunialti, G., Di Nuzzo *et al.*, 2023 - *Lobarina pulmonaria (L.) Hoffm.: The Multifaceted Suitability of the Lung Lichen to Monitor Forest Ecosystems*. *Forests*, 14 (10): 2113. <https://doi.org/10.3390/f14102113>
- Sabatini F.M., Keeton W.S., Lindner M., Svoboda M., Verkerk P.J. *et al.*, 2020 - *Protection gaps and restoration opportunities for primary forests in Europe*. *Diversity and Distributions*, 26 (12): 1646-1662. <https://doi.org/10.1111/ddi.13158>
- Santopuoli G., Vizzarri M., Spina P., Maesano M., Mugnozsa G.S., *et al.*, 2022 - *How individual tree characteristics and forest management influence occurrence and richness of tree-related microhabitats in Mediterranean mountain forests*.

- Forest ecology and management, 503: 119780. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119780>
- Santoro A., Piras F., 2023 - *Natural Forests or Cultural Forests? Forest Changes within Italian Protected Areas in the Last 85 Years*. *Forests*, 14 (5): 921. <https://doi.org/10.3390/f14050921>
- Spadoni G.L., Moris J.V., Vacchiano G., Elia M., Garbarino M. *et al.*, 2023 - *Active governance of agro-pastoral, forest and protected areas mitigates wildfire impacts in Italy*. *Science of The Total Environment*, 890: 164281. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164281>
- Stefani A., 2021 - *Verso la nuova Direzione generale economia montana e foreste: il percorso e le nuove sfide*. *L'Italia Forestale e Montana*, 76: 55-82. <https://doi.org/10.4129/ifm.2021.2.01>
- Zannini P., Frascaroli F., Nascimbene J., Persico A., Halley J.M. *et al.*, 2021 - *Sacred natural sites and biodiversity conservation: a systematic review*. *Biodiversity and Conservation*, 30: 3747-3762. <https://doi.org/10.1007/s10531-021-02296-3>

SITOGRAFIA

- European Green Deal https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_it
- European Biodiversity Strategy 2030 https://environment.ec.europa.eu/strategy/biodiversity-strategy-2030_en#
- European Forest strategy 2030 https://environment.ec.europa.eu/strategy/forest-strategy_en
- Old-growth forests guidelines: UE https://environment.ec.europa.eu/publications/guidelines-defining-mapping-monitoring-and-strictly-protecting-eu-primary-and-old-growth-forests_en
- Closer-to-nature Forest management Guidelines UE: https://environment.ec.europa.eu/publications/guidelines-closer-nature-forest-management_en
- Nature restoration law UE: https://environment.ec.europa.eu/topics/nature-and-biodiversity/nature-restoration-law_en
- Strategia forestale nazionale; <https://www.politicheagricole.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/15339>
- Istituzione albo e rete nazionale boschi vetusti <https://www.politicheagricole.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/19896>
- Strategia Nazionale Biodiversità 2030 <https://www.mase.gov.it/pagina/strategia-nazionale-la-biodiversita-al-2030>
- <https://www.cnr.it/it/comunicato-stampa/9945/quanticiinghialiabitanoqui> (data di ultimo accesso: 23/03/2024)
- <https://grandicarnivori.provincia.tn.it> (Data di ultimo accesso: 23/03/2024)

<https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/biodiversita/monitoraggio-nazionale-del-lupo/impatto-del-lupo-sulle-attivita-zootecniche> (Data di ultimo accesso: 23/03/2024)

<https://www.isprambiente.gov.it/it/istituto-informa/comunicati-stampa/anno-2023/presentati-in-un-evento-di-confagricoltura-i-risultati-dell2019indagine-nazionale-di-ispra-sulla-gestione-del-cinghiale-in-italia-nel-periodo-2015-2021> (Data di ultimo accesso 23/03/2024)

<https://www.lifewolfalps.eu> (Data di ultimo accesso 23/03/2024)

<https://www.rsi.ch/info/mondo/Qui-vivono-mille-orso-ma-non-possiamo-salvarli-tutti--1817387.html> (Data di ultimo accesso 23/03/2024)

<https://www.lcie.org/> (Data di ultimo accesso 23/03/2024)

Selvicoltura e tutela del territorio forestale

1. INTRODUZIONE

In questo periodo di cambiamenti climatici, gli eventi estremi che colpiscono territori vulnerabili dal punto di vista idrogeologico, magari resi ancor più tali da fattori antropici, determinano effetti sempre più spesso catastrofici. In anni recenti, quasi tutte le Regioni italiane sono state interessate da calamità di vario tipo, quali tempeste, esondazioni o frane, con danni ingenti e in alcuni casi con perdite di vite umane. Nei settori vallivi, impermeabilizzazione dei suoli, urbanizzazione delle aree di naturale pertinenza fluviale soggette a inondazioni, compromissione o smantellamento del reticolo idrografico minore sono tra le principali cause del dissesto idrogeologico. Nelle aree montane e collinari, dove si trova gran parte del patrimonio forestale (il 65% circa della superficie dei boschi ed il 45% delle altre terre boscate sono tra 500 e 2000 metri di quota), lo spopolamento degli ultimi sessanta anni ha implicato una sempre minore manutenzione e cura del territorio, diventato quindi fragile nei confronti degli eventi estremi. Inoltre, il prolungamento dei periodi siccitosi dovuto al cambiamento del clima ha effetti negativi sullo stato di sa-

Davide Travaglini e Giacomo Certini: Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali, Università di Firenze.

Francesco Iovino: Accademia Italiana di Scienze Forestali.

Luigi Portoghesi: Dipartimento per la Innovazione nei Sistemi Biologici, Agroalimentari e Forestali, Università della Tuscia.

lute della vegetazione e del suolo, sulla funzionalità degli ecosistemi, e sulla disponibilità idrica, fino a rendere una parte di territorio a rischio desertificazione.

La manutenzione del territorio e le buone pratiche in campo agricolo e forestale sono considerate tra le misure di contrasto al dissesto idrogeologico (Gallozzi *et al.*, 2020) e tra le azioni sinergiche nella strategia per la mitigazione del rischio idrogeologico (Trigila *et al.*, 2021).

La vulnerabilità di un territorio dipende da cause predisponenti, legate agli aspetti che caratterizzano nel loro insieme le componenti naturali, ma è connessa direttamente o indirettamente con l'attività antropica, che si estrinseca nell'uso e gestione del suolo e delle altre risorse naturali.

La stabilità fisica del suolo costituisce una premessa indispensabile per poter coniugare la presenza dell'uomo con il raggiungimento e il mantenimento di un equilibrio ambientale (Iovino e Nocentini, 2015). L'erosione è una delle forme principali di instabilità e degradazione del suolo e può superare di molte volte il tasso di sostenibilità ("erosione tollerabile"), con danni economici notevoli (Pagliai, 2017). La perdita del suolo per erosione e il conseguente incremento del trasporto solido dei corsi d'acqua hanno aumentato il potere distruttivo delle piene, con danni alle infrastrutture, riempimento dei bacini di irrigazione e idroelettrici, inquinamento delle acque superficiali a causa dal trasporto di concimi e pesticidi (ISPRA, 2013).

I diversi fenomeni degradativi dei boschi e, particolarmente in ambiente mediterraneo, l'aumento della frequenza e della severità degli incendi hanno impatti negativi sulla regimazione delle acque superficiali e sull'erosione del suolo che, in alcune condizioni può diventare vero e proprio movimento di massa. Gran parte dei movimenti di massa verificatisi nelle recenti catastrofi dell'Emilia-Romagna (maggio 2023) e della Toscana (novembre 2023), ma anche in quelle del passato - es. Versilia (1996), Sarno (1998), Giampileri (2009), Lunigiana (2011), Marche (2022), Ischia (2022) - hanno riguardato esclusivamente il suolo (Costantini e Pagliai, 2023), la cui natura si è configurata come fattore intrinseco incentivante l'instabilità. È noto che un elevato tenore in argilla così come l'origine da attività vulcanica esplosiva entrambi predispongono i suoli al movimento di massa. In taluni casi

si parla di “tixotropia”, un processo isotermico, reversibile, che avviene in condizioni di composizione e volume costanti, per cui un materiale tendenzialmente rigido qual è il suolo, quando saturo d’acqua e se sottoposto ad una qualche sollecitazione meccanica, si ammorbidisce o addirittura si liquefa in maniera piuttosto repentina (Wang *et al.*, 2020). I suoli formatisi su coltri piroclastiche, così comuni nel nostro Paese, sono i più propensi alla tixotropia perché costituiti da particelle alveolate e dunque capaci di trattenere molta acqua; in effetti, alcuni dei suddetti catastrofici movimenti di massa hanno interessato proprio suoli formatisi su coltri piroclastiche, in particolare quello tristemente famoso di Sarno (Guadagno e Magaldi, 2000).

La funzione di conservazione del suolo svolta dalle foreste, in particolare nelle aree montane e collinari, è stata riconosciuta come fondamentale e preminente fin dalla promulgazione della Legge Serpieri (R.D.L., n. 3267/1923), appena centenaria, il cui obiettivo principale era il raggiungimento della stabilità dei suoli e della regimazione delle acque. La capacità del bosco di trattenere il suolo con gli apparati radicali, contrastando la perdita dello stesso sia per erosione che, entro certi limiti, per movimenti di massa è cosa nota ed ampiamente documentata. Va peraltro sfatato il falso mito che il peso del bosco possa rappresentare fattore destabilizzante sul suolo, predisponendolo ai movimenti di massa sui pendii. Vari autori (es., Kubota *et al.*, 2004; Scrinzi *et al.*, 2006) hanno infatti dimostrato che la biomassa vegetale, per quanto matura e abbondante, ha un’incidenza modesta sul peso complessivo in gioco, che in gran parte è attribuibile al suolo stesso e all’acqua che eventualmente lo satura. Con l’imposizione del vincolo di carattere idrogeologico su molti terreni forestali, si sono di fatto limitati i cambiamenti di uso del suolo e tutte le pratiche colturali che possano incidere negativamente sulla regimazione idrica e il contrasto all’erosione. La conservazione del suolo, considerata come insieme degli interventi atti a contenere i danni che possono derivare da errata gestione o incuria nei territori vulnerabili, delinea ambiti nei quali la gestione forestale, attraverso l’attività selvicolturale e la pianificazione, è fondamentale (Iovino, 2009). Le foreste sono cruciali per la salvaguardia della risorsa idrica, in quanto captano e depurano le acque di precipitazione (Dudley e Stolton, 2003). Il ruolo delle foreste

in questo senso, nonché nella mitigazione delle alluvioni, nella lotta alla desertificazione e nella protezione del suolo, venne sottolineato già nella Seconda risoluzione “Le foreste e l’acqua”, adottata nella quinta Conferenza Interministeriale Europea sulla Protezione delle Foreste di Varsavia (MCPFE, 2007). La stessa risoluzione non tralasciava neanche il fondamentale contributo delle foreste montane nel contenimento di erosione, frane e valanghe. Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni della Direttiva Quadro sulle Acque (2000/60/CE) prevede misure che indirettamente fanno riferimento alla gestione forestale. Un importante ruolo che è stato ribadito nella “Strategia del Suolo per il 2030” dell’UE (SWD, 2021), nella quale tra gli Obiettivi da perseguire entro il 2030 al primo posto è riportato “Combattere la desertificazione, ripristinare le terre degradate, comprese quelle colpite da desertificazione, siccità e inondazioni, e battersi per ottenere un mondo privo di degrado del suolo”. Una strategia strettamente legata alle altre politiche dell’UE scaturite dal *Green Deal* Europeo ed in particolare alla “Strategia per la biodiversità per il 2030” e alla “Strategia Nazionale di Adattamento ai cambiamenti climatici”.

Le sfide imposte dai cambiamenti climatici e sociali fanno assumere alle foreste e alla loro gestione importanza sempre crescente per la salvaguardia del territorio e ciò richiede approcci pianificatori via via più attenti a garantire il ruolo protettivo delle foreste, nel rispetto della loro multifunzionalità, come ribadito nel Testo Unico in materia di Foreste e di Filiera forestali e dalla Strategia Forestale Nazionale (Decreto Legislativo 34/2018).

Obiettivo di questo lavoro è evidenziare come attraverso adeguati approcci selvicolturali e pianificatori sia possibile mitigare gli effetti negativi dei cambiamenti climatici sul territorio, senza andare in conflitto con le altre funzioni che le foreste svolgono.

2. TIPI DI DISSESTO E FUNZIONI DEL BOSCO SECONDO L’INVENTARIO FORESTALE NAZIONALE

Il territorio italiano, per le sue caratteristiche geologiche, morfologiche e idrografiche, è predisposto a fenomeni di dissesto idrogeologi-

co. Il 18% del territorio nazionale ha un rischio frane elevato e il 94% dei comuni è a rischio per frane, alluvioni e/o erosione costiera (Trigila *et al.*, 2021). D'altronde, in Italia il consumo di suolo - da intendersi come la perdita di suolo dovuta essenzialmente alla sovrapposizione di una copertura artificiale, spesso di asfalto o cemento - non si ferma e continua a trasformare il territorio, riducendo la capacità di drenaggio delle superfici, in particolare nelle aree di pianura e lungo la fascia costiera (Munafò, 2023). Laddove non arriva il consumo di suolo, lo stato di benessere della vegetazione è minato dall'allungamento dei periodi siccitosi dovuto al cambiamento del clima, che ha reso una parte di territorio a rischio desertificazione (Mariani *et al.*, 2022).

Secondo l'Inventario Forestale Nazionale (Gasparini *et al.*, 2022), in Italia il 15% della superficie boscata è soggetta ad almeno un tipo di dissesto (Tabella 1): frane e smottamenti, erosione idrica e fenomeni alluvionali, caduta o rotolamento pietre, slavine e valanghe. A livello nazionale i tipi di dissesto più diffusi sono la caduta o il rotolamento pietre (6,4%) e l'erosione idrica e i fenomeni alluvionali (4,6%). Le Regioni dove la percentuale della superficie boscata soggetta a dissesto è più elevata sono Valle D'Aosta (26,3%), Emilia-Romagna (23,4%), Alto Adige (23,3%) e Piemonte (21,1%). In Emilia-Romagna, frane e smottamenti interessano il 14,4% della superficie bosco. In Valle d'Aosta e Alto Adige è maggiore la proporzione di bosco interessata dalla caduta o rotolamento di pietre (rispettivamente 15,5% e 13,2%) e da slavine e valanghe (rispettivamente 5,4% e 5,6%). Le Regioni

Tabella 1 - Estensione del bosco ripartita per tipo di dissesto (fonte: Gasparini *et al.*, 2022).

TIPO DI DISSESTO	ETTARI	%
Assenza di dissesto	6928582	76,3
Frane, smottamenti	322554	3,6
Erosione idrica, fenomeni alluvionali	414992	4,6
Caduta o rotolamento pietre	583869	6,4
Slavine, valanghe	58270	0,6
Non classificata	776920	8,6
<i>Totale</i>	<i>9085187</i>	<i>100,0</i>

Tabella 2 - Estensione del bosco ripartita per tipo di funzione prioritaria (fonte: Gasparini *et al.*, 2022).

TIPO DI FUNZIONE PRIORITARIA	ETTARI	%
Produzione legnosa	608070	6,7
Produzione non legnosa	122177	1,3
Naturalistica	187581	2,1
Ricreativa	43786	0,5
Protettiva indiretta	91706	1,0
Protettiva diretta	96721	1,1
Funzione prioritaria assente	7885446	86,8
Non classificata	49699	0,5
<i>Totale</i>	<i>9085186</i>	<i>100,0</i>

dove la proporzione della superficie boscata soggetta a erosione idrica e ai fenomeni alluvionali è più elevata sono Umbria (8,7%), Piemonte (7,2%) e Veneto (7,2%).

Il vincolo idrogeologico è presente su gran parte della superficie forestale totale nazionale (80%) ed interessa l'86,6% della superficie che rientra nella classe inventariale Bosco. In tutte le Regioni la percentuale di quest'ultima superficie soggetta a vincolo idrogeologico è molto elevata (>80%) e in Alto Adige, Trentino, Toscana e Umbria tale percentuale è superiore al 95%. Unica eccezione è la Sardegna, dove la superficie Bosco sottoposta a vincolo idrogeologico è il 51,6% (Gasparini *et al.*, 2022).

Per quanto riguarda le funzioni del bosco (Tabella 2), nella maggioranza dei casi (86,8% della superficie Bosco) l'Inventario Forestale Nazionale non individua una funzione prioritaria rispetto alle altre in misura tale da condizionare gli interventi selvicolturali e la gestione per mantenere o incrementare tale funzione. Tra le funzioni prioritarie considerate dall'Inventario Forestale, la produzione legnosa rappresenta il 6,7% della superficie boscata. Solo il 2% della stessa è classificata con funzione protettiva, diretta e indiretta; l'Inventario riconosce la funzione protettiva indiretta solo quando questa è prioritaria rispetto alle altre e resa evidente dagli interventi praticati localmente. La percentuale di superficie Bosco con funzione di protezione diretta e

indiretta è massima in Valle D’Aosta (23,7%) e in Alto Adige (11,5%) (Gasparini *et al.*, 2022). La protezione indiretta riguarda, infatti, tutti i boschi perché svolgono un’azione generale di regimazione delle acque meteoriche e di difesa dal dissesto, ma assume maggiore o minore rilievo in funzione di giacitura, pendenza, morfologia e condizioni geopedologiche (AA.VV., 2006).

3. DAL TUFF ALLA STRATEGIA FORESTALE NAZIONALE: IL RUOLO DELLA PIANIFICAZIONE FORESTALE E DELLA SELVICOLTURA PER LA TUTELA DEL TERRITORIO

Il Decreto Legislativo n. 34 del 3 aprile 2018 “Testo Unico in materia di Foreste e Filiere forestali”, di seguito indicato come TUFF, include tra le proprie finalità la protezione della foresta e a tal fine promuove azioni di prevenzione da rischi naturali e antropici, di difesa idrogeologica, dagli incendi e dalle avversità biotiche ed abiotiche, di adattamento al cambiamento climatico, di recupero delle aree degradate o danneggiate, di sequestro del carbonio e di erogazione di funzioni ecosistemiche generate dalla gestione forestale sostenibile.

Il TUFF identifica il bosco con funzione di protezione diretta come una superficie che in ragione della sua speciale ubicazione svolge una funzione di protezione diretta di persone, beni e infrastrutture da pericoli naturali quali valanghe, caduta massi, scivolamenti superficiali, lave torrentizie e altro, impedendo tali eventi o mitigandone gli effetti. Data dunque l’importanza di queste formazioni, il TUFF precisa che i boschi aventi funzione di protezione diretta, individuati e riconosciuti dalle Regioni, non possono essere trasformati e non può essere mutata la destinazione d’uso del suolo, fatti salvi i casi legati a motivi imperativi di rilevante interesse pubblico.

In merito alla programmazione e pianificazione territoriale, il TUFF individua nella Strategia Forestale Nazionale (SFN) lo strumento che definisce gli indirizzi nazionali per la tutela, la valorizzazione e la gestione del patrimonio forestale nazionale e per lo sviluppo del settore e delle sue filiere produttive, ambientali e socioculturali. La SFN, pubblicata in Gazzetta Ufficiale il 9 febbraio 2022, ha tre obiettivi

generali. Tra questi, l'obiettivo A, "Gestione sostenibile e ruolo multifunzionale delle foreste", prevede azioni operative rivolte alla programmazione e pianificazione forestale, alle funzioni di difesa del territorio e tutela delle acque e alla gestione dei rimboschimenti. Queste azioni, declinate in sotto-azioni operative, sono finalizzate a: *i*) promuovere la pianificazione forestale di area vasta e delle proprietà pubbliche, private e collettive in linea con i principi e i criteri della gestione forestale sostenibile; *ii*) mantenere, incrementare e monitorare le funzioni protettive dirette delle formazioni forestali, di difesa di beni, infrastrutture e persone; *iii*) potenziare il ruolo delle foreste di protezione e della gestione forestale sostenibile per la difesa dell'assetto idrogeologico e per la tutela delle acque; *iv*) incrementare la superficie forestale mediante rimboschimenti.

3.1 *Pianificazione forestale*

Per quanto riguarda la pianificazione forestale di area vasta, la SFN, in attuazione del TUFF, promuove l'adozione a livello regionale di Piani Forestali di Indirizzo Territoriale (PFIT) quali strumenti per individuare le destinazioni d'uso delle superfici silvo-pastorali ricadenti nei territori sottoposti a pianificazione, gli obiettivi e gli indirizzi per garantire la tutela, la valorizzazione e la gestione sostenibile delle risorse forestali. In passato, la pianificazione forestale di area vasta è stata realizzata in alcune Regioni italiane per lo più con valenza sperimentale (Bruschini, 2023). Solo in Piemonte e in Lombardia la pianificazione forestale a scala territoriale è stata realizzata in modo più organico e strutturato (Tonetti *et al.*, 2023; Corgnati *et al.*, 2023). Altre Regioni hanno introdotto i PFIT nella propria normativa ma non li hanno mai realizzati (Abruzzo, Campania, Provincia Autonoma di Bolzano), altre hanno anche proceduto a definire scopi, o sperimentare metodologie di redazione (Veneto, Umbria, Provincia di Trento), in altre ancora esistono solo esperienze di ricerca (Basilicata, Marche, Molise, Sicilia, Sardegna). Si tratta di esperienze alquanto disomogenee, effettuate prima dell'approvazione del TUFF, che hanno però certamente contribuito a mettere in luce il significato operativo di questo livello di pianificazione forestale che è poi stato recepito dalla nuova Legge nazionale (Corona *et al.*, 2020). Per i PFIT la situazione è in divenire:

stando ad una indagine condotta a marzo 2023 da Compagnia delle Foreste, pubblicata sulla rivista *Sherwood* n. 264, 16 Regioni e Province Autonome hanno previsto di sviluppare dei PFIT ed è plausibile ipotizzare che altri enti si muoveranno in questa direzione.

A scala aziendale o sovraziendale di livello locale, la SFN promuove la pianificazione forestale delle proprietà pubbliche, private e collettive attraverso piani di gestione, assestamento o strumenti equivalenti, in attuazione dei Programmi forestali regionali e coordinatamente con i PFIT ove esistenti, anche attraverso l'aggregazione di più proprietà, pubbliche, private e collettive, per una gestione unitaria del territorio oggetto della pianificazione. Allo stato attuale i boschi dotati di una pianificazione di dettaglio rappresentano solo il 15,5% della superficie totale, e il 37% della superficie bosco è composta da cedui che, per circa l'80%, sono matricinati. Solo in cinque Regioni del nord la pianificazione di dettaglio interessa oltre il 30% del bosco: Veneto (30,6%), Friuli-Venezia Giulia (34,8%), Valle d'Aosta (36%), Trentino (75,8%), Alto Adige (94,6%) (Gasparini *et al.*, 2022).

Il Decreto Interministeriale n. 563765 del 28/10/2021 ha definito i criteri minimi nazionali per l'elaborazione dei PFIT e dei piani di gestione forestale. Secondo questo Decreto, il PFIT opera in modo coordinato con gli altri strumenti di pianificazione territoriale e ambientale esistenti, incluso i piani stralcio per l'assetto idrogeologico, i piani di gestione distrettuale e di bacino, i piani per la valutazione e la gestione del rischio alluvioni. Il PFIT ripartisce le superfici silvo-pastorali in aree omogenee per destinazione d'uso e, con specifico riferimento alle superfici con destinazione d'uso a bosco o assimilate a bosco, individua le aree omogenee per categoria forestale e tipo colturale sulla base della classificazione dell'Inventario Forestale Nazionale. Per ogni area omogenea, individua l'indirizzo di gestione, espresso in termini di funzioni prevalenti, tra i quali è inclusa la funzione protettiva diretta come definita dal TUFF. In modo simile i piani di gestione forestale individuano l'indirizzo di gestione prevalente per ciascuna particella forestale. Nell'ambito del PFIT, i boschi con funzione protettiva diretta ai sensi del TUFF devono essere mappati in uno specifico allegato cartografico.

Le norme tecniche per realizzare gli allegati cartografici dei PFIT e dei piani di gestione forestale sono definite dal Decreto Dipartimen-

tale del Ministero dell'Agricoltura, della Sovranità Alimentare e delle Foreste n. 64807 del 9/2/2023. Tali norme consentono di descrivere con una certa uniformità conoscitiva le caratteristiche prevalenti dei territori forestali sottoposti a pianificazione e di armonizzare la raccolta delle informazioni anche per permettere il caricamento degli elaborati cartografici nel Sistema Informativo Forestale Nazionale (Corona *et al.*, 2023).

3.2 *Approcci selvicolturali e criticità*

Le foreste sono parte della soluzione dei problemi creati dal cambiamento climatico ma è sempre più sentita l'esigenza di implementare approcci di gestione e conservazione che le rendano più resistenti e resilienti a tale cambiamento e capaci di mantenere elevato il livello delle funzioni da esse svolte a vantaggio della società. Gli ecosistemi forestali sono infatti esposti alla maggiore frequenza e intensità di eventi climatici estremi, incendi, attacchi di parassiti alieni ecc. Comunque, il cambiamento climatico può esser visto anche come un'opportunità per accelerare l'applicazione di approcci innovativi alla selvicoltura, basati sulle conoscenze ed esperienze guadagnate con studi di lungo periodo, che rendano le foreste più adatte ad affrontare il futuro (Verkerk *et al.*, 2022; Vacek *et al.*, 2023). I principi che dovrebbero guidare questa trasformazione sono noti da tempo e si basano sul favorire l'evoluzione dei sistemi forestali, aumentandone la complessità strutturale e compositiva e controllando con continuità l'esito delle azioni selvicolturali intraprese (es., Ciancio e Nocentini, 2011; Brang *et al.*, 2014; O'Hara, 2015).

Sul piano operativo, negli ultimi anni sono state proposte diverse strategie selvicolturali per adattare le foreste al cambiamento climatico e mantenere elevato il livello delle loro funzioni ecosistemiche. Si va dagli interventi per aumentare la resistenza ai disturbi del popolamento senza mutarne composizione e struttura, a quelli che mirano a mantenerne o aumentarne la resilienza, quindi la capacità di recuperare le condizioni iniziali dopo disturbi di bassa e media entità. In questo secondo caso si agisce per rendere più diversificata la struttura del bosco, mentre le modifiche della composizione possono risultare dai dinamismi naturali conseguenti al cambiamento della struttura oppure essere indotti attraverso la cosiddetta migrazione assistita di specie e genotipi adatti alle future condizioni climatiche, che alcuni autori considerano

come strumento primario per ridurre i rischi di perdita di funzionalità degli ecosistemi forestali (Gömöry *et al.*, 2020; Palik *et al.*, 2022; D'Amato *et al.*, 2023; Wikle e D'Amato, 2023).

Guardando più in particolare alla situazione italiana, per i boschi con diversi livelli di semplificazione strutturale e funzionale derivanti dalle forme di trattamento applicate nel passato, e per i rimboschimenti monospecifici di conifere realizzati nel secolo scorso su vaste superfici, la gestione dovrà tendere alla rinaturalizzazione, cioè a favorire l'aumento della diversità compositiva e strutturale, sostenendo i processi naturali di autorganizzazione del sistema (Nocentini, 2001). Ciò si traduce anche in un potenziamento del ruolo delle foreste di protezione e della gestione forestale sostenibile per la difesa dell'assetto idrogeologico e per la tutela delle acque. Infatti, l'aumento della complessità determina un migliore utilizzo dello spazio sia a livello ipogeo che epigeo. La maggiore densità radicale, il differente approfondimento delle radici e la distribuzione molto più articolata delle piante nello spazio verticale, favoriscono un equilibrio temporale tra la fase di input, dovuta alle precipitazioni e all'infiltrazione, e di output, attribuita alla traspirazione e all'evaporazione. Tali condizioni migliorano il bilancio idrico a livello di popolamento e garantiscono, inoltre, una maggiore stabilità degli strati superficiali del suolo con effetti positivi anche riguardo ai movimenti di massa (Iovino e Nocentini, 2015).

L'introduzione di specie e provenienze adatte alle condizioni che si prevedono per una certa area è una scelta che sembra quasi obbligata per i nuovi rimboschimenti nel nostro Paese. Un aumento della superficie boscata potrebbe realizzarsi tramite attività di rimboschimento sui versanti in preda ad intensi fenomeni di erosione conseguenti a ripetuti incendi di alta severità, in aree ad alto rischio di desertificazione o su suoli con limitazioni tali da precludere ogni possibilità di utilizzazione agricola. In foreste degradate da disturbi naturali e/o antropici la riduzione dell'erosione del suolo è un obiettivo da raggiungere attraverso idonei interventi di recupero.

La soluzione migliore è forse quella di combinare a scala di paesaggio approcci con diversa intensità d'intervento selvicolturale in relazione alle caratteristiche dei territori boscati e alla richiesta di loro specifiche funzioni economiche, sociali e ambientali. A tal fine sarebbe necessario

ampliare in Italia la rete di prove sperimentali dimostrative nelle quali monitorare i risultati di differenti approcci e strategie adattative applicate a più tipi di boschi come fatto, ad esempio, nell'ambito di alcuni progetti LIFE in Europa (Mattioli *et al.*, 2017; Garfi e Torreggiani, 2023) e tramite il progetto ASCC in Nord America (Muller *et al.*, 2021).

Raggiungere una maggiore complessità strutturale e compositiva dei popolamenti è un obiettivo più difficile da definire nel caso dei boschi cedui. Come è ben noto, se mal applicata questa forma di governo può impattare negativamente sulle qualità estetiche del paesaggio e sulla biodiversità, e anche determinare forme gravi di dissesto idrogeologico. Laddove il ceduo matricinato è il trattamento del bosco ancora prevalente perché collegato a filiere foresta-legno importanti per l'economia locale, occorrerà mettere in pratica con attenzione norme colturali e gestionali dei singoli popolamenti già ben conosciute, che riguardano l'aumento della lunghezza dei turni, la riduzione della dimensione delle tagliate, la cura della loro forma e orientamento sui versanti, il rispetto dei vincoli spaziali legati alla distanza fisica e cronologica tra superfici ceduate, l'adozione della matricinatura a gruppi, il rilascio di legno morto (es., Iovino *et al.*, 2020; Schirone *et al.*, 2021). È necessario anche applicare modalità di concentramento ed esbosco che riducano il compattamento del suolo per la pressione esercitata dai mezzi meccanici, oltre che per lo strascico del materiale legnoso, e la creazione di solchi causati dal passaggio e dall'affondamento degli stessi mezzi. Tali processi modificano le condizioni di drenaggio e di infiltrazione dell'acqua, con conseguente scorrimento superficiale delle acque meteoriche e fenomeni erosivi localizzati e diffusi (Marchi e Certini, 2015).

Sui versanti vulnerabili per la stabilità dei pendii, al fine di contrastare le frane superficiali, la gestione dei boschi cedui dovrebbe in particolare mirare ad aumentare l'estensione degli apparati radicali e soprattutto la formazione di radici grossolane (Vergani *et al.*, 2017).

In sede di pianificazione forestale, a scala di paesaggio è utile individuare tasselli di territorio boscato inframezzati al ceduo dove applicare l'avviamento a conversione del soprassuolo attraverso opportuni trattamenti o il rilascio all'evoluzione naturale, sulla base di analisi del contesto socio-ecologico e attuando un continuo monitoraggio degli esiti delle scelte compiute.

4. CONCLUSIONI

Gli eventi estremi dovuti al cambiamento climatico si traducono sempre più spesso in catastrofi che mettono a rischio la sicurezza di persone, beni e infrastrutture. Nelle aree montane e collinari la mancata cura del territorio dovuta all'abbandono rende queste zone ancora più vulnerabili agli eventi estremi. La funzione di protezione delle foreste contro il dissesto idrogeologico, la perdita di suolo e i pericoli connessi a movimenti di massa, alluvioni ed altre calamità assume quindi una rilevanza crescente.

In questo contesto la pianificazione forestale svolge un ruolo fondamentale per la tutela del territorio, individuando approcci gestionali e indirizzi colturali differenziati in relazione alle caratteristiche dei soprassuoli e ai diversi contesti operativi, valorizzando la funzione protettiva della foresta nel rispetto della sua multifunzionalità.

I Piani Forestali di Indirizzo Territoriale e i piani di gestione forestale elaborati ai sensi del Decreto Interministeriale n. 563765 del 28/10/2021 forniranno un contributo significativo per l'individuazione delle foreste con funzione protettiva diretta di persone, beni e infrastrutture, mentre la protezione indiretta riguarda tutti i boschi, per la loro azione di regolazione delle acque e di difesa del territorio dal dissesto.

Approcci selvicolturali tesi a favorire l'aumento della complessità e della diversità dei sistemi forestali, in termini di composizione specifica e di struttura, a scala di popolamento e di paesaggio, determinano una maggiore capacità di adattamento degli ecosistemi ai cambiamenti ambientali e una loro maggiore resistenza e resilienza agli eventi di disturbo.

Nelle foreste degradate per cause naturali e/o antropiche, dove è necessario ricostituire in tempi brevi la copertura forestale per proteggere il suolo, il rimboschimento con specie e provenienze più adatte alle nuove condizioni ambientali fornisce maggiori garanzie di successo.

Cruciale è il monitoraggio delle azioni selvicolturali, per verificare i risultati via via ottenuti ed adattare gli interventi con l'obiettivo di assecondare i processi naturali.

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV., 2006 - *Selvicoltura nelle foreste di protezione - Esperienze e indirizzi gestionali in Piemonte e Valle d'Aosta*. Compagnia delle foreste, Arezzo, 220 p.
- Brang P., Spathelf P., Bo Larsen J., Bauhus J., Boncina Chauven C., Drössler L. et al., 2014 - *Suitability of close-to-nature silviculture for adapting temperate European forests to climate change*. *Forestry*, 87 (4): 492-503. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpu018>
- Bruschini S., 2023 - *PFIT: una nuova stagione della pianificazione*. Sherwood. *Foreste ed Alberi Oggi*, 264: 15. ISSN:1590-7805.
- Ciancio O., Nocentini S., 2011 - *Biodiversity conservation and systemic silviculture: Concepts and application*. *Plant Biosystems*, 145: 411-418. <https://doi.org/10.1080/11263504.2011.558705>
- Corgnati M., Gottero F., Terzuolo P.G., 2023 - *Pianificazione di area vasta in Piemonte. Dall'esperienza dei PFT agli orientamenti per i PFIT*. Sherwood. *Foreste ed Alberi Oggi*, 264: 23-26. ISSN:1590-7805.
- Corona P., Becagli C., Cantiani P., Chianucci F., Di Salvatore U. et al., 2020 - *Elementi di orientamento per la pianificazione forestale alla luce del testo unico in materia di foreste e filiere forestali. Rete Rurale Nazionale 2014-2020, Scheda n. 22.1 e 22.2*. Foreste, Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria, Roma, ISBN 978-88-3385-057-3.
- Corona P., Cucca B., Romano R., Alivernini A., 2023 - *Sintesi tecnica per l'implementazione delle banche dati della pianificazione forestale in Italia*. *L'Italia Forestale e Montana*, 78: 31-53. <https://doi.org/10.36253/ifm-1097>
- Costantini E.A.C., Pagliai M., 2023 - *Frane e frane di suolo*. Georgofili Info. *Notiziario di Informazione a cura dell'Accademia dei Georgofili*, Firenze, 22 novembre 2023.
- D'Amato A.W., Palik B.J., Raymond P., Puettmann K.J., Montoro Girona M., 2023 - *Building a framework for adaptive silviculture under global change*. In: M.M. Girona et al. (eds.), *Boreal forests in the face of global change. Advances in Global Change Research*, 74. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-15988-6_13
- Dudley N., Stolton S., 2003 - *Running pure: The importance of Forest Protected Areas to Drinking Water*. WWF and World Bank, Gland, Switzerland and Washington DC, 103 p.
- Gallozzi P.L., Dessì B., Iadanza C., Guarneri E.M., Marasciulo T. et al., 2020 - *ReNDiS 2020 La difesa del suolo in vent'anni di monitoraggio ISPRA sugli interventi per la mitigazione del rischio idrogeologico*. ISPRA, Rapporti 328/20.
- Garfi V., Torreggiani L. (a cura di), 2023 - *Linee guida per l'adattamento delle faggete all'emergenza climatica*. *Compagnia delle foreste (AR)*, 132 pp. ISBN: 978-88-98850-48-8

- Gasparini P., Di Cosmo L., Floris A., De Laurentis D. (editors), 2022 - *Italian National Forest Inventory - Methods and Results of the Third Survey*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-98678-0>
- Gömöry D., Krajmerova D., Hrivnak M., Longauer R., 2020 - *Assisted migration vs. close to nature forestry: what are the prospects for tree populations under climate change?* Central European Forestry Journal, 66: 63-70. <https://doi.org/10.2478/forj-2020-0008>
- Guadagno F.M., Magaldi S., 2000 - *Considerazioni sulle proprietà geotecniche dei suoli allofanici di copertura delle dorsali carbonatiche campane*. Quaderni di Geologia Applicata, 7: 143-155. https://doi.org/10.1007/978-3-031-15988-6_13
- Iovino F., 2009 - *Ruolo della selvicoltura nella conservazione del suolo*. In: Atti del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura, Taormina (ME), 16-19 ottobre 2008. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, p. 425-436. <https://doi.org/10.4129/CNS2008.060>
- Iovino F., Nocentini S., 2015 - *Selvicoltura e tutela del territorio*. Proceedings of the Second International Congress of Silviculture Florence, November 26th - 29th 2014., Vol. I: 226-235. <https://doi.org/10.4129/2cis-fi-sel>
- Iovino F., Nicolaci A., De Dominicis A., De Nardo A., 2020 - *Forest management and prevention of hydrogeological instability in territories of high vulnerability in Campania*. L'Italia forestale e montana, 75: 11-37. <https://doi.org/10.4129/ifm.2020.1.02>
- ISPRA, 2013 - *Linee guida per la valutazione del dissesto idrogeologico e la sua mitigazione attraverso misure e interventi in campo agricolo e forestale*. ISPRA, Manuali e Linee Guida 85/2013. Tipografia Tiburtini S.r.l. Roma, 98 p.
- Kubota T., Omura H., Okumura T., Tada Y., Paudel P.P., 2004 - *Influence of the forest tree load on the slope stability with different forest felling*. Journal of the Japan Landslide Society, 41: 273-281. https://doi.org/10.3313/jls.41.3_273
- Marchi E., Certini G., 2015 - *Impatti ambientali delle utilizzazioni forestali e strategie di mitigazione*. Proceedings of the Second International Congress of Silviculture Florence, November 26th - 29th 2014, Vol. I: 448-453. <https://doi.org/10.4129/2cis-em-imp>
- Mariani S., Lastoria B., Braca G., Bussetini M., Tropeano R., Piva F., 2022 - *Nota ISPRA sulle condizioni di siccità in corso e sullo stato della risorsa idrica a livello nazionale*. ISPRA.
- Mattioli W., Di Santo D., Barbati A., Portoghesi L., Burrascano S. *et al.*, 2017 - *Manuale di buone pratiche per la gestione degli habitat 9210* e 9220**. Progetto Life+ (11/NAT/IT/135) Fagus.
- MCPFE, 2007 - *Fifth Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe. Forests for quality of life. Resolution 2 Forests and Water*. Varsavia.

- Muller J.J., Nagel L.M., Palik B.J., 2021 - *Comparing long-term projected outcomes of adaptive silvicultural approaches aimed at climate change in red pine forests of northern Minnesota, USA*. Canadian Journal of Forest Research, 51: 1875-1887. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2021-0097>
- Munafò M. (a cura di), 2023 - *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici*. Ediz. 2023, Sintesi, Report SNPA 38/23.
- Nocentini S., 2001 - *La rinaturalizzazione come strumento di recupero dei sistemi forestali semplificati nell'Italia Meridionale*. L'Italia Forestale e Montana, 56 (5): 344-351.
- O'Hara K., 2015 - *What is close-to-nature silviculture in a changing world?* Forestry, 89: 1-6. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpv043>
- Pagliai M., 2017 - *Rischi ambientali, sociali ed economici derivati da una non gestione del suolo*. <http://www.georgofili.info/contenuti/risultato/4100>
- Palik B.J., Clark P.W., D'Amato A.W., Swanston C., Nagel L., 2022 - *Operationalizing forest-assisted migration in the context of climate change adaptation: Examples from the eastern USA*. Ecosphere, 13 (10): e4260. <https://doi.org/10.1002/ecs2.4260>
- Schirone B., Salvaneschi P., Cianfaglionone K., Pecci M., Andrisano T. et al., 2021 - *A proposal for modifying coppicing geometry in order to reduce soil erosion in the forest areas*. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 49: 12325. <https://doi.org/10.15835/nbha49212325>
- Scrinzi G., Gregori E., Giannetti F., Galvagni D., Zorn G. et al., 2006 - *An evaluation model of protective function in forest management planning: slope stability in regard to shallow landslide events*. Forest@, 3: 98-155. <https://doi.org/10.3832/efor0349-0030098>
- SWD, 2021 - *EU Soil Strategy for 2030. Reaping the benefits of healthy soils for people, food, nature and climate*. European Commission. Brussels. https://environment.ec.europa.eu/publications/eu-soil-strategy-2030_en
- Tonetti R., Cereda M., Gallinaro N., 2023 - *Piani di indirizzo forestale in Lombardia. Un percorso ultraventennale*. Sherwood. Foreste ed Alberi Oggi, 264: 18-20. ISSN:1590-7805.
- Trigila A., Iadanza C., Lastoria B., Bussettini M., Barbano A., 2021 - *Dissesto idrogeologico in Italia: pericolosità e indicatori di rischio*. ISPRA, Rapporti 356/2021.
- Vacek Z., Vacek S., Cukor J., 2023 - *European forests under climate change: Review of tree growth processes, crises and management strategies*. Journal of Environmental Management, 332: 117353 <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117353>
- Vergani C., Giadrossich F., Buckley P., Conedera M., Pividori M. et al., 2017 - *Root reinforcement dynamics of European coppice woodlands and their effect on shallow landslides: A review*. Earth-Science Reviews, 167: 88-102. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.02.002>

- Verkerk P.J., Delacote P., Hurmekoski E., Kunttu J., Matthews R. *et al.*, 2022 - *Forest-based climate change mitigation and adaptation in Europe*. From Science to Policy 14. European Forest Institute. <https://doi.org/10.36333/fs14>.
- Wang Z., Ma J., Gao H., Stuedlein A.W., He J., Wang B., 2020 - *Unified thixotropic fluid model for soil liquefaction*. *Géotechnique*, 70: 849-862. <https://doi.org/10.1680/jgeot.17.P.300>
- Wikle J.L., D'Amato A., 2023 - *Stand spatial structure outcomes of forest adaptation treatments in northern hardwood forests in North America*. *Canadian Journal of Forest Research*, 53: 721-734. <https://dx.doi.org/10.1139/cjfr-2022-0274>

Selvicoltura, paesaggio e impatto dei cambiamenti dell'uso del suolo

Il paesaggio in generale, e il paesaggio forestale nello specifico, influenza il nostro quotidiano e costituisce i confini e la geografia della nostra identità. Il paesaggio e le comunità locali sono strettamente interconnessi influenzandosi a vicenda, pertanto le popolazioni di un determinato luogo si riconoscono nel paesaggio di tale luogo sentendolo proprio e riconoscendosi in esso. Questo aspetto è strettamente connesso anche al fatto che i mutamenti del paesaggio sono il frutto, di norma, di un processo storico-culturale lento e graduale.

Negli ultimi decenni questo scenario di graduale mutamento è stato completamente stravolto dai repentini cambiamenti climatici e ambientali in atto. Negli ultimi anni, pertanto, stiamo assistendo a alcune tendenze principali che prevedono l'abbinarsi di cambiamenti con una diversa scala temporale:

- incremento costante della superficie forestale nelle aree collinari e montane del nostro Paese a discapito delle aree aperte; talvolta tale incremento è presente anche in contesti suburbani in aree di abbandono colturale o gestionale (es. aree industriali e artigianali dismesse);

Giovanni Sanesi: Dipartimento di Scienze del Suolo, della Pianta e degli Alimenti, Università degli studi di Bari A. Moro.

Alessandro Paletto: Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Trento.

Roberto Tognetti: Facoltà di Scienze agrarie, ambientali e alimentari, Libera Università di Bolzano.

- eventi estremi, che stravolgono il paesaggio nell’arco di poche ore, e che mettono a repentaglio l’ambiente naturale e al contempo anche il rapporto paesaggio-comunità locale;
- altri eventi di natura biotica che colpiscono alcune categorie forestali determinando nel giro di alcuni anni un forte decremento di alcune categorie forestali (es. mazzococco su pinete di pino marittimo, bostrico su peccete);
- altri eventi di natura abiotica (progressivo cambiamento climatico) che determinano in alcuni contesti la modifica della struttura forestale (es. progressiva scomparsa del faggio in alcune aree meridionali).

In riferimento al primo aspetto, si registra un continuo aumento della superficie forestale nazionale che in dieci anni - dal 2005 al 2015 secondo la comparazione dei dati del secondo e del terzo Inventario Nazionale delle Foreste e dei serbatoi forestali di Carbonio (INFC) - è cresciuta di oltre 587 mila ettari facendo registrare un aumento della biomassa legnosa del 18,4%. Questo incremento della superficie e della biomassa ha consentito, da un lato, ad un aumento dello stoccaggio di anidride carbonica (CO₂) atmosferica nei *pool* forestali (biomassa epigea e ipogea, necromassa, lettiera e suolo), con degli innegabili vantaggi in termini di mitigazione ai cambiamenti climatici, dall’altro ha però impattato negativamente sulla diversità paesaggistica. Infatti, tale aumento della superficie forestale si è concentrato nelle aree collinari e montane a discapito delle aree aperte (e.g., prati sfalciati e pascoli), portando, di conseguenza, ad un impoverimento del paesaggio e al contempo ad una perdita di biodiversità floristica. Alcuni recenti studi evidenziano come l’aumento delle foreste e del paesaggio dominato dagli alberi a discapito delle aree aperte è percepito negativamente sia dai residenti, che associano questo fenomeno ad un abbandono dell’agricoltura di montagna e delle attività economiche tradizionali, sia dai turisti, che prediligono frequentare le aree aperte piuttosto che i boschi di neoformazione e preferiscono esteticamente un paesaggio diversificato e vario.

In riferimento al secondo aspetto, merita ricordare che il IV Congresso di Selvicoltura *Il Bosco: bene indispensabile per un presente vivibile e un futuro possibile* si era tenuto a pochi giorni di distanza della tempesta Vaia che, tra il 26 e il 30 ottobre 2018, ha cambiato radical-

mente la fisionomia paesaggistica dei boschi delle molte aree alpine e prealpine orientali. Durante i lavori del Congresso la percezione da parte dei partecipanti su cosa era avvenuto era forte, ma i danni e gli impatti ambientali, economici e sociali non erano stati ancora quantificati. Oggi, a cinque anni di distanza dal Congresso del 2018, abbiamo una chiara percezione di quanto successo e come tale evento abbia impattato sulle comunità locali delle aree colpite così come su tutti coloro che si occupano di foreste a vario titolo.

A seguito della tempesta Vaia il paesaggio alpino italiano ha subito una notevole trasformazione nell'immediato e delle ripercussioni che continueranno nei prossimi decenni. Nell'immediato sono stati danneggiati 42.500 ettari di boschi e abbattuti 8,6 milioni di metri cubi di legname corrispondente a circa 16 milioni di alberi sradicati e abbattuti. Questo fatto ha trasformato completamente il paesaggio forestale delle aree colpite e, al contempo, ha messo in discussione soprattutto pratiche selvicolturali consolidate nella gestione delle peccete montane e sub-alpine. In tal senso, si è ravvivato il dibattito tecnico-scientifico tra vantaggi e svantaggi dei boschi monospecifici e coetanei rispetto ai boschi misti e disetanei.

Per quanto riguarda la terza tendenza prima enunciata, bisogna considerare che le ripercussioni presenti e future dei danni ingenti causati dalla tempesta Vaia abbiano creato le condizioni ottimali per la diffusione del bostrico (*Ips typographus*). Le pullulazioni di questo artropodo sono state favorite anche da estati con temperature sopra le medie stagionali e da una sofferenza pronunciata delle peccete coetane e monospecifiche. Nella sola Provincia di Trento è stata stimata una superficie forestale danneggiata di oltre 20.000 ettari, prevalentemente ubicati nel settore del Trentino orientale, con oltre 4 milioni di metri cubi di legname danneggiati e deprezzati. La diffusione del bostrico è evidente non solo nel Trentino, ma anche in alcune valli lombarde. Questa diffusione, oltre ad avere un rilevante impatto economico su tutta la filiera foresta-legno, ha ulteriormente trasformato il paesaggio forestale facendo nascere una percezione comune verso le "aree bostricate" che stanno superando per estensione quelle di Vaia.

Al di là degli eventi estremi legati ai cambiamenti climatici, la letteratura internazionale ha ampiamente evidenziato in che modo le

dinamiche spaziali e temporali degli ecosistemi sono strettamente correlate alle fluttuazioni del clima e alle strategie di competizione delle singole specie. In termini generali, il clima influenza la distribuzione delle specie attraverso specifiche soglie fisiologiche di tolleranza di temperatura e potenziale idrico del suolo. In tal senso, una delle principali specie forestali in Italia e in Europa - faggio (*Fagus sylvatica* L.) - è fortemente sensibile ai cambiamenti climatici (Antonucci *et al.*, 2021). Alcuni studi hanno evidenziato attraverso modelli previsionali una potenziale riduzione nei prossimi decenni della distribuzione del faggio in Italia con particolare riferimento ai limiti inferiori del proprio *range* ecologico (Innangi *et al.*, 2015). Viceversa, è da attendersi l'aumento di altre specie con caratteristiche ecologiche più ubiquitarie, come già evidenziato da alcuni studi extra-nazionali (Knott *et al.*, 2019). La recente carta dei Tipi forestali della Regione Puglia (2023) ha messo in evidenza come questa specie sia praticamente scomparsa in alcuni ambienti del Sub Appennino Dauno (es. Monte Faeto) dove fino al XX secolo c'era ampia traccia o come nel caso delle faggete del Gargano ci sia una progressiva erosione a beneficio di formazioni partecipate da cerro.

Pertanto, le riflessioni sul presente e sul futuro del paesaggio forestale in Italia vertono proprio su queste tendenze prima elencate:

- la diffusione delle foreste a discapito delle aree aperte, principalmente nelle aree collinari e montane, con un conseguente impoverimento in termini di paesaggio e di biodiversità;
- la resistenza e resilienza dei popolamenti forestali in uno scenario di un crescente numero di eventi estremi;
- il monitoraggio, la gestione e il ripristino dei popolamenti danneggiati da agenti biotici che stanno modificando il paesaggio forestali in alcuni contesti;
- il monitoraggio, la gestione e la selvicoltura di resilienza che si deve attuare per salvaguardare alcune categorie forestali maggiormente affette dal cambiamento climatico e garantire sempre maggiori livelli di biodiversità.

BIBLIOGRAFIA

- Antonucci S., Santopuoli G., Marchetti M., Tognetti R., Chiavetta U. *et al.*, 2021 - *What Is Known About the Management of European Beech Forests Facing Climate Change? A Review*. Current Forestry Reports, 7: 321-333. <https://doi.org/10.1007/s40725-021-00149-4>
- Innangi M., D'Alessandro F., Fioretto A., Di Febbraro M., 2015 - *Modeling distribution of Mediterranean beech forests and soil carbon stock under climate change scenarios*. Climate Research, 66: 25-36. <https://doi.org/10.3354/cr01323>
- Knott J.A., Desprez J.M., Oswald C.M., Fei S., 2019 - *Shifts in forest composition in the eastern United States*. Forest Ecology and Management, 433: 176-183. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.10.061>
- Regione Puglia, 2023 - *Carta dei tipi forestali*. Consultabile on line: <https://webapps.sit.puglia.it/freewebapps/CartaTipiForestali/index.html>

Protezione delle foreste da fattori biotici

1. INTRODUZIONE

Il tema della protezione delle foreste nell'ambito della selvicoltura italiana sta assumendo un'importanza sempre maggiore in relazione non solo ai cambiamenti climatici e gestionali, ma anche per i rischi connessi all'intensificarsi di introduzioni accidentali e successiva diffusione epidemica di organismi alieni nocivi alle piante arboree. Esempio emblematico del contesto ambientale è rappresentato dalla tempesta di vento denominata Vaia che si è verificata poco prima del Congresso del 2018 e ha caratterizzato i cinque anni successivi, con un coinvolgimento di superfici, uomini e mezzi mai visto prima nel contesto nazionale (Battisti *et al.*, 2023). Ne sono testimonianza i numerosi articoli scientifici apparsi in riviste nazionali e internazionali (circa 78 in Scopus dal 2018) e una intensa attività di disseminazione nei media, dalla scala locale a quella internazionale. A questo può essere affiancato il progressivo drammatico erodersi del patrimonio rappresentato dalle pinete costiere interessate da ondate successive di fitofagi primari provenienti da altre aree geogra-

Andrea Battisti e Massimo Faccoli: Dipartimento di Agronomia, Animali, Alimenti, Risorse naturali e Ambiente Università di Padova.

Paolo Capretti: Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali, Università di Firenze.

Paolo Gonthier: Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari, Università di Torino.

Pio Federico Roversi: Istituto Nazionale di Riferimento per la Protezione delle Piante, CREA DC, Roma-Firenze.

fiche. Appare con sempre maggiore evidenza la necessità di adeguare la gestione del bosco non solo alla protezione degli alberi dai fattori avversi ma anche alla salvaguardia della biodiversità in tutti i suoi aspetti, in quanto elemento essenziale per garantire la resilienza e i servizi ecosistemici resi dal bosco inteso non solo come insieme di alberi (Roversi e Nannelli, 2012), tra tutti la presenza dei fattori naturali di regolazione delle popolazioni di agenti dannosi (Gazzea *et al.*, 2024).

La diversità degli ecosistemi forestali a scala nazionale pone interrogativi di particolare rilevanza per l'eterogeneità delle situazioni e per il continuo manifestarsi di disturbi abiotici di vario genere, tra i quali gli stress idrici svolgono un ruolo preponderante nel determinare la suscettibilità degli alberi agli agenti biotici. È noto, ad esempio, il progressivo indebolimento delle conifere alpine sottoposte a continui periodi di siccità sia estiva sia invernale, il cui manifestarsi in termini di frequenza e di intensità sta assumendo caratteri di cronicità, esponendo tali formazioni ad aumentati rischi di danni abiotici (incendi) e parassitari. È questo il caso, ad esempio, delle pinete di pino silvestre che negli ultimi decenni hanno subito dal Piemonte al Veneto estese infestazioni di bostrico acuminato (*Ips acuminatus*) innescate da inverni scarsamente nevosi ed estati calde e asciutte (Vacchiano *et al.*, 2008; Colombari *et al.*, 2013). Esempio analogo è rappresentato dalle recenti esplosioni demografiche del bostrico tipografo (*Ips typographus*) innescate nelle peccete delle Alpi orientali dalla già ricordata tempesta "Vaia" (Faccoli *et al.*, 2022), ma in qualche misura già preannunciate da precedenti studi condotti sulle correlazioni fra andamento climatico, formazioni forestali e infestazioni di bostrico tipografo (Faccoli, 2009; Faccoli e Bernardinelli, 2014). Nelle Alpi occidentali, a partire dal 2017, si sono manifestati a carico delle pinete di pino silvestre, anche a quote elevate, intensi attacchi del fungo agente di disseccamento dei getti *Sphaeropsis sapinea*. Sebbene periodicamente tali pinete abbiano subito negli ultimi 30 anni alcuni episodi di disseccamento acuto e generalizzato imputabili a ragioni ecofisiologiche e innescati dalla siccità (Gonthier *et al.*, 2010), tale fungo non fu mai stato segnalato precedentemente. La sua comparsa può essere messa in relazione oltre che agli eventi siccitosi anche all'incremento delle temperature. Scendendo lungo

la penisola non sono rari i casi dove l'acuirsi e il ripetersi delle annate siccitose provoca deperimenti e riduzione delle superfici di alcune specie caratteristiche per la dorsale appenninica quali il faggio e l'abete bianco. Non risultano peraltro risparmiate sull'Appennino le residue stazioni autoctone di abete rosso e gli impianti realizzati con tale conifera, che negli ultimi anni hanno fatto registrare morie causate da attacchi di bostrico tipografo. Analoghe problematiche sono osservate anche in zone mediterranee dove vengono interessate querce caducifoglie e leccio (Bussotti *et al.*, 2023). A riguardo delle querce anche in ambienti appenninici e insulari come in altre aree del Sud Europa si stanno intensificando le segnalazioni di attacchi di coleotteri cerambicidi la cui colonizzazione risultava fino a non molto tempo fa limitata a esemplari maturi, spesso per lo più nell'ambito del verde urbano. Anche la foresta urbana, infatti, e le formazioni boschive periurbane stanno andando incontro a significativi stati di deperimento imputabili a funghi fitopatogeni chiaramente favoriti dagli stress idrici a carico degli ospiti. Ne sono esempi le recrudescenze di *Anthostoma decipiens* e *Cryphonectria carpinicola* su carpino bianco e i nuovi fenomeni di disseccamento del platano imputabili a *Neofusicoccum parvum* e altre specie di Botryosphaeriaceae.

Un ulteriore elemento di fondamentale rilevanza è la comparsa sempre più frequente di specie aliene, non di rado favorite dai cambiamenti climatici in atto. Le previsioni disponibili a livello internazionale e nazionale sono infauste e impongono di affrontare l'argomento con i dovuti mezzi di coordinamento nazionale. La recente istituzione dell'Istituto nazionale di riferimento per la protezione delle piante con compiti di diagnostica fitopatologica avanzata, ricerca su mezzi e strategie di controllo dei parassiti a basso impatto ambientale e più in generale supporto scientifico del Servizio Fitosanitario Nazionale documenta come sia sentita e necessaria un'azione congiunta delle forze in campo sia dal lato strettamente fitosanitario sia da quello prettamente forestale (Faraglia e Roversi, 2021; Roversi, 2021), anche in riferimento alla formazione del personale che opera in bosco, aspetto già richiamato nel Congresso di Selvicoltura di Taormina (Luciano *et al.*, 2009). Fra le specie esotiche di interesse forestale un gruppo di particolare rilievo è rappresentato dai coleotteri

xilofagi, e fra questi soprattutto i coleotteri scolitidi. Risultati di recenti programmi internazionali di monitoraggio condotti a livello europeo hanno mostrato come il numero di specie esotiche appartenenti a questa famiglia stia crescendo in modo esponenziale con nuovi arrivi da ogni parte del mondo (Marchioro *et al.*, 2022). Con riferimento a specie aliene invasive, ai coleotteri xilofagi si affianca per importanza *Matsucoccus feytaudi* che ha ormai decretato il declino delle pinete di pino marittimo nel versante Alto-Tirrenico di Liguria e Toscana (Roversi *et al.*, 2009), a cui in anni recenti si è aggiunta *Toumeyella parvicornis*, cocciniglia che ha rapidamente invaso formazioni forestali, viali alberati e parchi urbani di Campania e Lazio, colpendo in modo particolarmente grave il pino domestico compromettendo le pinete litorali e il paesaggio delle città storiche. Come noto le invasioni biologiche dipendono essenzialmente dai flussi di commercio internazionale e dalle condizioni climatiche a disposizione delle specie aliene che giungono nei nuovi territori, fattori sempre più favorevoli all'arrivo e all'insediamento di nuove specie di parassiti forestali in Europa (Pureswaran *et al.*, 2022). Una situazione particolare è infine rappresentata da invasioni biologiche caratterizzate da fitofagi associati a organismi fitopatogeni entrambi esotici, come nel caso dello scolitide nordamericano *Pityophthorus juglandis* vettore del patogeno *Geosmithia morbida*, agente causale del “disseccamento rameale del noce” o “malattia dei mille cancri” del noce, arrivati insieme in Italia e poi diffusisi in Francia (Montecchio e Faccoli, 2014). Di recente oltre a rilevare una ulteriore diffusione di *P. juglandis* sul territorio nazionale è stata registrata la capacità di questo scolitide di attaccare e colonizzare non solo rami e rametti ma anche riversarsi in gran numero su fusti di diametro fino 30-40 cm, portando a morte le piante in 3-5 anni dalla comparsa dei primi sintomi.

Appare comunque chiaro come la natura stessa delle foreste e la loro stretta connessione con altri habitat naturali e urbani imponga scelte che non possono prescindere dalla gestione selvicolturale nelle sue varie accezioni (Ciancio, 2019). Al termine del congresso del 2018 sono stati individuati tre punti essenziali per lo sviluppo del tema “Selvicoltura e protezione delle foreste” nel decennio successivo. Il presente contributo si pone l'obiettivo di fornire un aggiornamento a cinque anni di distanza.

2. INVESTIMENTO NELLA RICERCA

Il documento pubblicato al termine del congresso (Battisti *et al.*, 2019) riporta: “Il primo punto riguarda la necessità di investire nella ricerca e in particolare sugli aspetti diagnostici, ecologici e previsionali finalizzati alla valutazione dei rischi associati alle specie patogene e fitofaghe emergenti. In questo contesto si dovrà tener nella massima considerazione il cambiamento climatico e le specie invasive.”

Google Scholar interrogato con i termini “entomology pathology forest Italy” nel periodo 2018-2023 restituisce 7.350 risultati generalmente relativi a insetti e patogeni emergenti e invasivi, in prevalenza articoli scientifici ma anche pubblicazioni divulgative. La stessa banca dati interrogata con “entomologia patologia forestale Italia” restituisce 264 risultati dello stesso tipo. I termini che ricorrono con maggiore frequenza sono cambiamento climatico, specie invasive, servizi ecosistemici, foreste urbane. Appare quindi evidente come gli auspici evidenziati al congresso siano stati presi in piena considerazione dalla comunità dei forestali. Anche grazie a ingenti finanziamenti nell’ambito delle iniziative *Next-Generation EU* (Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza, PNRR), tra cui quelli coordinati dall’Agritech National Research Center, che vedono coinvolti diversi entomologi e patologi forestali. A questo si sono affiancati specifici finanziamenti dell’Unione Europea, del MASAF e delle Regioni che hanno permesso di sviluppare interventi e ricerche negli specifici settori del monitoraggio fitosanitario, dell’avanzamento delle tecniche e degli strumenti diagnostici e degli interventi di lotta biologica. È quindi prevedibile che nel prossimo futuro aumentino le conoscenze circa l’impatto sulle foreste di insetti e patogeni e su come impostare misure di contenimento in un’epoca caratterizzata da cambiamenti climatici conclamati.

3. SINERGIE TRA RICERCA E APPLICAZIONE

Il documento pubblicato al termine del congresso (Battisti *et al.*, 2019) riporta: “Il secondo concerne la promozione di forme di sinergia tra il mondo della ricerca, i servizi fitosanitari, i gestori dei boschi

e i portatori di interesse per affrontare in maniera concreta, rapida ed efficace singole emergenze fitosanitarie.”

Le azioni di maggiore rilievo al riguardo sono state: 1. La creazione di un gruppo di lavoro tra alcuni enti ministeriali (CREA, ISPRA) e società scientifiche del settore per individuare soluzioni nella lotta biologica a specie invasive che interessano sia i boschi sia le colture agrarie; 2. L'istituzione da parte del Comitato Fitosanitario Nazionale di un Tavolo Tecnico Nazionale per la gestione del problema bostrico dell'abete rosso a seguito della tempesta Vaia, in cui sono coinvolti enti ministeriali, territoriali e scientifici; 3. Molteplici accordi e collaborazioni a vario titolo tra enti di ricerca e organizzazioni locali per la gestione comune di singole emergenze fitosanitarie quali ad esempio la cocciniglia tartaruga del pino domestico.

4. COMUNICAZIONE E FORMAZIONE

Il documento pubblicato al termine del congresso (Battisti *et al.*, 2019) riporta: “Il terzo auspica il miglioramento della comunicazione con i portatori di interesse e la società in generale per renderli consapevoli dei rischi associati alle specie patogene e fitofaghe emergenti e invasive.”

Le problematiche relative alle specie invasive e alle emergenze ecologiche legate ai disturbi abiotici e in generale al cambiamento climatico sono state affrontate in numerosi interventi nei media nazionali e locali attraverso articoli e interviste. Sono stati inoltre svolti approcci di *citizen science* per rendere la popolazione più sensibile alle problematiche legate alle specie di recente interesse economico o ecologico mediante incontri culturali e informativi, anche nelle scuole, e di *participatory approach* con tecnici del settore forestale e ordini professionali per rendere più efficiente il servizio di monitoraggio e gestione delle emergenze territoriali. Numerosi specifici corsi di formazione per il personale dei servizi forestali e fitosanitari e incontri di informazione dei cittadini sono stati ad esempio condotti in Veneto durante lo svolgimento dei programmi di eradicazione del cerambicide asiatico *Anoplophora glabripennis* al fine da un lato di migliorare l'efficacia degli

interventi, dall'altro per poter coinvolgere la popolazione nel monitoraggio del territorio. Con tale obiettivo è stato anche creato un numero verde per eventuali segnalazioni da parte di privati, e un sito internet dove poter scaricare informazioni sul fitofago e caricare immagini di possibili insetti o loro danni individuati dai cittadini.

Particolare importanza riveste la creazione del sito web del Servizio Fitosanitario Nazionale (www.protezionedellepiante.it) che permette a istituzioni, operatori del settore agricolo e forestale e privati cittadini di accedere a tutte le informazioni sulle specie di interesse fitosanitario e sulla normativa che riguarda organismi e microrganismi da quarantena già presenti o a rischio di introduzione. Collegato al sito è disponibile il programma MORGANA Segnalazioni che permette di inviare foto e descrizioni di piante con danni e organismi nocivi riguardanti l'intero territorio nazionale.

5. CONCLUSIONE

Resta tuttavia molto lavoro da fare prima che il semplice cittadino si renda conto che il problema della salute delle piante forestali non è un optional o un argomento per gli addetti ai lavori ma è essenziale per il benessere del pianeta. Occorre sostanzialmente indicare come da una analisi profonda dello stato degli ecosistemi forestali si possano derivare indicazioni gestionali che considerino gli agenti di disturbo biotico come parte dell'ecosistema e non come semplici fattori avversi da combattere. È evidente che alcuni interventi di lotta diretta possano rendersi inevitabili e debbano essere eseguiti ma dobbiamo essere altrettanto consapevoli che debbano essere inseriti in un contesto generale di maggiore respiro, che coinvolge tutti gli elementi sociali, dal cittadino al decisore politico. La gestione delle recenti estese infestazioni di bostrico tipografo delle Alpi orientali rientra fra gli esempi più caratteristici di questo nuovo approccio della selvicoltura alpina. Il grande sforzo di utilizzazione della massa legnosa condotto nel corso degli ultimi anni nelle aree di schianto, dove realizzato, ha consentito di sottrarre un substrato potenzialmente utilizzabile dal parassita come sede riproduttiva. L'abbattimento e lo scortecciamento delle piante

colonizzate dal bostrico in fase di sviluppo è infatti una delle azioni più incisive di contenimento delle infestazioni. Si tratta tuttavia di interventi costosi e spesso di non facile realizzazione, che richiedono competenza, tempismo e un efficace coordinamento di personale e risorse. Le piante devono infatti essere utilizzate finché le larve del parassita si stanno sviluppando sotto la corteccia, e questa fase si conclude in meno di due mesi dall'avvio della colonizzazione. Interventi tardivi sono invece inutili, anzi dannosi in quanto distruggono le popolazioni di nemici naturali del bostrico che generalmente abbandonano le cortecce anche mesi dopo il loro ospite. L'asportazione di grandi porzioni di bosco ormai morto aumenta inoltre i rischi idrogeologici, soprattutto in contesti di pendii fortemente scoscesi, ed espone le piante superstiti a nuovi danni da vento e neve e quindi a nuove infestazioni. Tale prospettiva suggerisce come non sempre sia necessario o utile intervenire in modo diretto, ma che le strategie di intervento devono essere vagliate caso per caso considerando i molteplici aspetti dei servizi ecosistemici. Nei prossimi anni vi sarà verosimilmente un'ulteriore crescita della mortalità degli alberi di abete rosso, la cui entità dipenderà tuttavia da fattori al momento di difficile previsione, quali l'andamento meteorologico e la gestione del materiale colpito.

La forza dell'intervento selvicolturale sta esattamente nella possibilità di valutare l'evoluzione dell'ecosistema e di attuare le scelte che lo rendano più stabile rispetto ai disturbi presenti e futuri. La sua debolezza è rappresentata dal tempo necessario per raggiungere gli obiettivi, spesso in conflitto con necessità immediate di difficile, se non impossibile, soluzione. La ricerca del compromesso tra i punti di forza e di debolezza è il compito da svolgere negli anni futuri per garantire la stabilità degli ecosistemi forestali del nostro paese.

BIBLIOGRAFIA

- Battisti A., Capretti P., Gonthier P., 2019 - *Protezione delle foreste*. In: Il bosco. Bene indispensabile per un presente vivibile e un futuro possibile, (ed. O. Ciancio, S. Nocentini), Accademia Italiana di Scienze Forestali Firenze, p. 197-216. <https://doi.org/10.4129/bosco.2019>

- Battisti A., Grigolato S., Lingua E. (ed.), 2023 - *Five years after Vaia. Forest and land management in mountain environments: experiences and knowledge five years after the Vaia storm*. *L'Italia Forestale e Montana*, 78: 197-213. <https://doi.org/10.36253/ifm-1121>
- Bussotti F., Bettini D., Carrari E., Selvi, F., Pollastrini M., 2023 - *Health condition of forests in central Italy (Tuscany) after recurrent droughts and heat events*. *Ecologia Mediterranea*, 49: 37-47.
- Ciancio O., 2019 - *Storia Scienza Sapere. Le tre S della conoscenza in campo forestale*. In: *Il bosco. Bene indispensabile per un presente vivibile e un futuro possibile* (ed. O. Ciancio, S. Nocentini), Accademia Italiana di Scienze Forestali Firenze, p. 9-23. <https://doi.org/10.4129/bosco.2019>
- Colombari F., Battisti A., Schroeder L.M., Faccoli M., 2013 - *Spatial spot dynamics during an Ips acuminatus outbreak*. *Agricultural and Forest Entomology*, 15: 34-42. <https://doi.org/10.1111/j.1461-9563.2012.00589.x>
- Faccoli M., 2009 - *Effect of weather on Ips typographus (Coleoptera Curculionidae) phenology, voltinism, and associated spruce mortality in the South-Eastern Alps*. *Environmental Entomology*, 38: 307-316. <https://doi.org/10.1603/022.038.0202>
- Faccoli M., Bernardinelli I., 2014 - *Composition and elevation of spruce forests affect susceptibility to bark beetle attacks: implications for forest management*. *Forests*, 5: 88-102. <https://doi.org/10.3390/f5010088>
- Faccoli M., Finozzi V., Andriolo A., Bernardinelli I, Salvadori C. et al., 2022 - *Le infestazioni di bostrico tipografo sulle Alpi orientali: evoluzione, gestione e prospettive future dopo Vaia*. *Sherwood*, 257: 23-26.
- Faraglia B.C., Roversi P.F., 2021 - *La riorganizzazione del Servizio Fitosanitario Nazionale nel quadro delle nuove sfide per la difesa delle piante: il Decreto Legislativo 2 febbraio 2021, n. 19*. Georgofili INFO. <https://www.georgofili.info/contenuti/la-riorganizzazione-del-servizio-fitosanitario-nazionale-nel-quadro-delle-nuove-sfide-per-la-difesa-/15543>
- Gazzea E., Battisti A., Marini L., 2024 - *Strategies and barriers to reconcile pest management with insect conservation in temperate and boreal forests*. *Current Forestry Reports*, 10: 103-118. <https://doi.org/10.1007/s40725-024-00215-7>
- Gonthier P., Giordano L., Nicolotti G., 2010 - *Further observations on sudden diebacks of Scots pine in the European Alps*. *The Forestry Chronicle*, 86: 110-117. <https://doi.org/10.5558/tfc86110-1>
- Luciano P., Vannini A., Roversi P.F., 2009 - *Il monitoraggio fitosanitario forestale e la formazione del personale operativo*. In: *Atti III Congresso Nazionale di Selvicoltura, Taormina 16-19 ottobre 2008*, p. 620-625. <https://doi.org/10.4129/CNS2008.085>
- Marchioro M., Faccoli M., Dal Cortivo M., Branco M. Roques A., Garcia A. et al., 2022 - *New species and new records of exotic Scolytinae (Coleoptera, Cur-*

- culionidae) in Europe*. Biodiversity Data Journal, 10: e93995. <https://doi.org/10.3897/BDJ.10.e93995>
- Montecchio L., Faccoli M., 2014 - *First record of Thousand Cankers Disease Geosmithia morbida and walnut twig beetle Pityophthorus juglandis on Juglans nigra in Europe*. Plant Disease, 98: 696. <https://doi.org/10.1094/PDIS-10-13-1027-PDN>
- Pureswaran D.S., Meurisse N., Rassati D., Liebhold A.M., Faccoli M., 2022 - *Climate change and invasions by nonnative bark and ambrosia beetles*. In: Gandhi K.J.K. and Hofstetter R.W., Bark Beetle Management, Ecology, and Climate Change, Elsevier Inc. Academic Press, 408 p. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822145-7.00002-7>
- Roversi P.F., Nannelli R., 2012 - *Arthropods and nematodes: functional biodiversity in forest ecosystems*. In: Forest Ecosystems. More than just trees, Eds. Juan A. Blanco and Yueh-Hsin Lo, InTech, Croatia, p. 29-52.
- Roversi P.F., Logli F., Marziali L., Marianelli L., Squarcini M., 2009 - *Matsucoccus feytaudi Ducasse. Gestione di specie da quarantena*. In: Insetti esotici e tutela ambientale. Morfologia, biologia, controllo e gestione. Milano, p. 245-255.
- Roversi P.F., 2021 - *Il Rinascimento nella protezione delle piante. La nuova stagione di un corretto approccio al controllo delle specie invasive*. In: Libro Bianco del Verde 2021, Focus emergenza Pini, p. 42-51.
- Vacchiano G., Dobbertin M., Egli S., Giordano L., Gonthier P. et al., 2008 - *Il deperimento del pino silvestre nelle Alpi occidentali, natura e indirizzi di gestione*. Regione Piemonte; Regione Autonoma Valle d'Aosta, 132 p.

Selvicoltura e produzioni forestali

1. INTRODUZIONE

Il crescente interesse per i prodotti forestali può sostenere filiere capaci di soddisfare esigenze di consumo responsabile sempre più sentite dalla pubblica opinione, con particolare riferimento all'impiego del legno come materiale ecologicamente ed economicamente valido per costruzioni e arredamento e alla produzione di energie da fonti naturali rinnovabili. Se orientate da idonee politiche di programmazione e pianificazione, queste filiere possono rappresentare un significativo contributo alla bioeconomia circolare nazionale. In questa prospettiva, nella Mozione finale del IV Congresso Nazionale di Selvicoltura fu evidenziata la necessità di promuovere, tra gli altri, i seguenti aspetti:

- calibrato incremento dell'approvvigionamento di biorisorse, in particolare legnose, dai boschi e dalle piantagioni da legno in Italia, secondo criteri di sostenibilità;
- valorizzazione del principio dell'uso a cascata delle risorse legnose;
- accordi territoriali di filiera e di settore e forme di integrazione pubblico-privato per la gestione delle risorse forestali che rendano

Piermaria Corona: Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria.

Filippo Brun: Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari, Università di Torino.

Rinaldo Comino: Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia.

Sandro Dettori: Dipartimento di Scienze della Natura e del Territorio, Università di Sassari.

Daniele Gambetti: Consiglio Nazionale dell'Ordine dei Dottori Agronomi e Forestali.

- economicamente sostenibile la continuità e la capillarità degli interventi selvicolturali e valorizzino la qualità dei prodotti legnosi;
- pianificazione forestale come strumento di gestione integrata e multifunzionale delle proprietà boschive pubbliche e private;
 - strumenti economici e fiscali per i proprietari e le imprese forestali impegnate a garantire la produzione sostenibile di beni legnosi e non legnosi di qualità e l'erogazione di servizi di utilità pubblica.

In relazione a questi aspetti, vengono di seguito illustrati, in forma di discussione commentata, lo stato dell'arte e le dinamiche nei cinque anni trascorsi dal Congresso, evidenziando alcuni elementi propositivi in una prospettiva di breve-medio termine.

2. STATO DELL'ARTE E DINAMICHE

2.1. Nel contesto dell'economia forestale nazionale non si sono avuti miglioramenti dell'approvvigionamento ordinario di risorse legnose dai boschi, mentre si registra un aumento dei prelievi fuori foresta, in particolare dalla pioppicoltura specializzata. In realtà, a seguito della tempesta Vaia dell'ottobre 2018 ci sono stati notevoli prelievi di legname da opera, ma si è trattato di una condizione congiunturale, sebbene, per il successivo massiccio attacco di bostrico (*Ips typographus*), l'impatto sui prelievi nelle regioni del Nord-Est si sia prolungato in modo significativo fino all'attualità. A seconda delle fonti informative, il tasso di prelievo legnoso oscilla, in via ordinaria, tra il 18% e il 43% dell'accrescimento netto annuale di massa legnosa di boschi e piantagioni da legno, di fatto molto inferiore rispetto a quello medio europeo (pari a quasi il 70%). Permangono, dunque, le importanti motivazioni e i significativi margini per un calibrato incremento dell'approvvigionamento ordinario di biorisorse, in particolare legnose, su base nazionale, nel contesto di una puntuale pianificazione forestale (con opportuna zonazione delle finalità gestionali prevalentemente produttive rispetto a quelle protettive), di una razionale e sostenibile selvicoltura e secondo un approccio "a cascata" (impiego del legno in più fasi, *in primis* come materia prima e materiale da costruzione e per l'arredamento, anche riciclato, e solo nell'ultima fase per la produzione di energia, v. § 2.3).

2.2. L'ampio campo di variazione delle stime del prelievo legnoso mette in luce la necessità di adottare metodologie di valutazione più accurate. L'ammodernamento dei sistemi di rilevamento e la promozione di standard uniformi per la registrazione dei dati sono ineludibili, e importanti passi in questa direzione si stanno concretizzando in alcune Regioni. È anche da segnalare che la Direzione per l'economia montana e le foreste del Ministero dell'agricoltura, della sovranità alimentare e delle foreste (DIFOR MASAF) ha recentemente predisposto, con la collaborazione del Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), l'implementazione di un sistema informativo, denominato SinFor (<https://sinfor-pre.sian.it/#/homepage>), per l'armonizzazione, sistematizzazione e presentazione dei dati e informazioni statistiche e cartografiche in materia forestale a livello nazionale, costituito da: (1) un database cartografico (Carta Forestale d'Italia) che propone la mappatura delle differenti definizioni di bosco (Decreto legislativo n. 34/2018 - TUFFE, art. 3; FAO-FRA, 2000; normativa forestale regionale) e fornisce indicazioni su: categoria forestale, grado di copertura, sistema selvicolturale (fustaie ordinariamente gestite, cedui ordinariamente gestiti, boschi non ordinariamente gestiti); forme di disturbo (danni da incendio, valanga, frana); (2) un database statistico informativo, costruito su specifici indicatori allineati al sistema di controllo di cui al capitolo 6 della Strategia Forestale Nazionale (SFN), compresi quelli sui prelievi legnosi (v. indicatore C.2), coerenti con gli standard di monitoraggio e valutazione definiti dal processo pan-europeo *Forest Europe* e con quelli previsti dall'Unione Europea e dalle organizzazioni delle Nazioni Unite e che farà anche riferimento ai risultati dell'Inventario Forestale Nazionale gestito dall'Arma dei Carabinieri (Comando Unità Forestali, Ambientali e Agroalimentari, CUFA). Uno specifico contributo all'aggiornamento dei dati e informazioni statistiche e cartografiche in materia forestale a livello nazionale sarà, inoltre, disponibile dal programma *Smart Forest Monitoring*, messo a punto dal CUFA in collaborazione con il Consiglio Nazionale delle Ricerche, il CREA e il Massachusetts Institute of Technology.

2.3. Per quanto riguarda l'uso a cascata delle risorse legnose, la situazione rimane contraddittoria: da un lato, il nostro Paese rappre-

senta una eccellenza nel riciclo e riuso del legno (oltre 10 milioni di metri cubi all'anno equivalenti di tondo grezzo, a fronte di un fabbisogno complessivo annuo di materiale legnoso pari a circa 50 milioni di metri cubi); dall'altro, oltre il 70% del legname prelevato dai boschi italiani è costituito da assortimenti a utilizzo energetico: su circa 15 milioni di metri cubi, quasi 11 sono legna da ardere o per cippato. Un uso corretto delle biomasse forestali a fini energetici ha valenza significativa e positiva nel quadro delle politiche energetiche da fonti naturali rinnovabili nel nostro Paese (v. il *Position Paper* del Tavolo di Filiera Foresta Legno, www.politicheagricole.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/19980). D'altro canto, è deprecabile che, in molte realtà, soprattutto, ma non solo, dell'Italia centromeridionale, molte fustaie siano tuttora utilizzate quasi esclusivamente per la produzione di bioenergia piuttosto che per assortimenti di maggiore qualità. Un prioritario problema della politica forestale nazionale è, dunque, agevolare un maggiore impiego del legname come materiale da lavoro. Da questo contesto emerge la necessità di un'ulteriore spinta di ricerca tecnologica sull'impiego per legname da opera (a esempio, in forma di materiali lamellari e compositi) anche di specie ritenute attualmente di minore interesse. In secondo luogo, risulta imprescindibile il sostegno alle imprese di prima trasformazione del legname, il cui potenziamento diffuso sul territorio, con segherie strutturate e competitive, può generare un effetto diretto anche sulla disponibilità di assortimenti da opera di origine nazionale, oltre che interessanti ricadute di sviluppo socioeconomico a livello locale (in merito è recentemente intervenuta la Legge n. 206/2023, nota come Legge del *made in Italy*, che, tra le varie cose, incentiva il rafforzamento delle imprese boschive e di prima lavorazione del legno). In terzo luogo, è opportuna la ripresa dell'incentivazione della conversione a fustaia per le formazioni di latifoglie che vi si prestano, in particolare ai fini della valorizzazione di quelle a legname più pregiato. Infine, è necessario dare continuità agli investimenti per la viabilità silvopastorale pianificata e di qualità, progettata e realizzata secondo i canoni della bioingegneria naturalistica e in coerenza con le direttive ministeriali (v. Decreto interministeriale n. 563734/2021) e regionali, per rendere possibili gli interventi selvicolturali, a cominciare da quelli più onerosi come diradamenti e avviamenti a fustaia, nonché le azioni

di prevenzione a tutela dei boschi (antincendio e, in generale, per fronteggiare le avversità biotiche e abiotiche).

2.4. La base fondiaria forestale resta frammentaria, con modesta possibilità in tantissimi casi di attuare pratiche gestionali remunerative. Di fatto, a fronte dei quasi 12 milioni di ettari di foreste in Italia, solamente 3 milioni di ettari risultano all'interno di aziende attive censite dall'ultimo Censimento Generale dell'Agricoltura; analogamente, l'Inventario Forestale Nazionale attesta che per quasi il 40% dei boschi italiani non si registrano evidenze di gestione selvicolturale. Peraltro, si stanno affacciando anche nel nostro Paese interessanti esperienze di gestione collaborativa volte ad attivare, ove possibile, la cura dei boschi. Un esempio recente è il *forest sharing*, marchio italiano registrato a livello europeo, che mette a disposizione un'apposita piattaforma per l'interlocuzione tra i soggetti interessati su cui attualmente (aprile 2024) sono registrati circa 23.000 ettari di boschi, corrispondenti a oltre 20.000 particelle catastali di quasi 900 proprietari, in costante crescita. La piattaforma gestisce le deleghe di gestione e quando le superfici sono tali da permetterne un'aggregazione significativa, gli utenti/proprietari interessati vengono contattati per predisporre un piano di gestione congiunta o altre iniziative: le prime esperienze hanno riguardato l'applicazione di misure dei piani di sviluppo rurale per l'antincendio boschivo, per la sistemazione di viabilità forestale e per l'esecuzione di interventi di diradamento in rimboschimenti di pino nero. È inoltre da segnalare che nel 2022 DIFOR MASAF ha emanato un bando, a valere sui fondi di Sviluppo e Coesione, per sostenere la creazione di forme associative forestali tra proprietari, pubblici e privati, finanziando, tra gli altri, interventi di investimento e di redazione dei piani di gestione forestale.

2.5. In una prospettiva complementare a quella di cui al punto precedente e nel panorama nazionale degli accordi di filiera e reti d'impresa, è stato inserito nel 2021 l'Accordo di Foresta (art. 35-bis del Decreto Legge n. 77/2021, convertito nella Legge n. 108/2021), che rappresenta uno strumento giuridico innovativo per lo sviluppo di sinergie a beneficio delle aree forestali e della loro multifunzionalità. Attraverso gli accordi di foresta, stipulabili tra due o più soggetti, sin-

goli o associati, di cui almeno la metà deve essere titolare del diritto di proprietà o di un altro diritto reale o personale di godimento su beni agrosilvopastorali, è possibile promuovere: la gestione associata di tali proprietà, pubbliche e private; la realizzazione di interventi e di progetti volti alla riduzione dei rischi naturali, del rischio idrogeologico e di incendio boschivo; lo sviluppo di filiere produttive; la valorizzazione ambientale e socio-culturale dei territori. È da segnalare che nel 2023 DIFOR MASAF ha emanato un bando per il finanziamento dei contratti di filiera e di distretto nel settore forestale nell'ambito degli investimenti complementari al Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza.

2.6. Il TUFF ha dato centralità alla pianificazione per la gestione delle foreste, strumento fondamentale anche nella prospettiva di gestione collaborativa o associata delle foreste (v. §§ 2.4 e 2.5). Con il Decreto interministeriale n. 563765/2021 sono stati definiti i contenuti e gli standard minimi comuni a livello nazionale per la redazione degli strumenti di pianificazione. Con apposito finanziamento a valere sul Fondo Foreste, la DIFOR MASAF ha incentivato la redazione dei piani forestali di indirizzo territoriale (PFIT) da parte delle Regioni, quale strumento volto a garantire una gestione integrata e diffusa del patrimonio forestale. Finanziamenti ad hoc sono previsti anche nella programmazione 2023-2027 dello Sviluppo Rurale, con l'azione SRD11.3 (Elaborazione di piani di gestione forestale e strumenti equivalenti) dell'intervento SRD11 (Investimenti non produttivi forestali), la quale prevede un sostegno fino al 100% per coprire le spese necessarie all'elaborazione nonché alla revisione dei piani di gestione forestale e strumenti equivalenti in scadenza o scaduti, per superfici pubbliche e/o private, singole e/o associate. Tema centrale è la necessità di una pianificazione realmente operativa ai fini delle produzioni forestali (v. anche § 2.3), innanzitutto attraverso la verifica della rete di viabilità forestale e una sua aggiornata programmazione, preferenzialmente a carattere sovra-aziendale (a esempio, nell'ambito dei PFIT).

2.7. L'attivazione dei sistemi di pagamento dei cosiddetti servizi ecosistemici (PSE) forniti dalla foresta (v. TUFF, art. 7, commi 8 e 9)

rimane a uno stadio iniziale nella massima parte delle Regioni. I criteri di definizione dei PSE sono quelli di cui alla Legge n. 221/2015, con particolare riguardo ai beneficiari indicati alla lettera h) del comma 2 dell'articolo 70. Il PSE prevede l'assunzione di specifici impegni silvoambientali, informando e sostenendo i proprietari, i gestori e i beneficiari dei cosiddetti servizi nella definizione, nel monitoraggio e nel controllo degli accordi contrattuali: in questo contesto, è necessario un approfondimento per comprendere la portata e il rapporto, di sinergia e/o conflitto, tra produzioni forestali e altri benefici. Peraltro, va segnalato che FSC e PEFC hanno recentemente sviluppato e reso disponibili appositi strumenti per valorizzare, attraverso la certificazione, i benefici ecosistemici delle foreste, oltre a quello della produzione legnosa. La certificazione di gestione forestale prevede, di per sé, la protezione delle utilità ecosistemiche, ma questi nuovi strumenti (cosiddetti standard di servizi ecosistemici delle foreste e delle piantagioni da legno) possono essere utilizzati dalle aziende per dimostrare lo specifico effetto che hanno nella conservazione di tali utilità attraverso i loro acquisti, pagamenti e investimenti.

2.8. Sempre nell'ambito dei cosiddetti servizi ecosistemici, uno strumento economico potenzialmente significativo e in corso di valorizzazione in questi ultimi anni è il cosiddetto *carbon farming*, per remunerare le pratiche di sequestro del carbonio da parte di proprietari e imprese agricole e forestali. La proposta di Regolamento pubblicata dalla Commissione Europea (CE) a fine 2022 e il conseguente Accordo provvisorio del febbraio 2024 forniscono il quadro regolamentare per certificare la compensazione delle emissioni attraverso l'acquisto di crediti di carbonio. A differenza del settore agricolo, per il settore forestale si evidenzia l'esistenza, già da anni, di un mercato volontario consolidato a livello internazionale, con un numero di attori e progetti in continua crescita e con transazioni che avvengono attraverso accordi bilaterali tra acquirenti (imprese, soggetti singoli, enti pubblici e privati, ecc.) e venditori (proprietari o gestori sia pubblici sia privati). Anche nel nostro Paese si è registrata una forte ascesa di volumi e prezzi: nel 2022 i primi hanno raggiunto il milione di tonnellate di CO_{2eq} e i prezzi sono arrivati a quasi 30 euro/t. Si tratta, tuttavia, di un mercato non struttu-

rato che, in assenza di una normativa nazionale di riferimento, si caratterizza per la commercializzazione di titoli calcolati con metodi differenti e raramente certificati da parte di enti terzi accreditati. In tal senso, con il Decreto Legge n. 13/2023, convertito nella Legge n. 41/2023, è stato istituito, presso il CREA, il Registro pubblico dei crediti di carbonio generati su base volontaria dal settore agroforestale nazionale. In questo Registro possono essere iscritti, su richiesta di proprietari o gestori di superfici agroforestali, crediti di carbonio quantificati secondo apposite Linee Guida e certificati da organismi certificatori accreditati ad Accredia. Relativamente alla sezione del Registro riguardante il settore forestale, dopo essere stata discussa al Tavolo di filiera legno del MASAF la bozza di Linee Guida è ora alla consultazione interministeriale. Le procedure del Registro saranno gestite dal CREA assicurandone l'interazione con il Sistema informativo agricolo nazionale e con il SinFor (in particolare, con la Carta Forestale d'Italia, v. § 2.2), al fine di garantire la coerenza con le informazioni territoriali e produttive contenute nei fascicoli aziendali, nonché la georeferenziazione dei progetti.

2.9. La crisi climatica ha ridotto negli ultimi anni le produzioni di sughero e spinto verso l'alto i prezzi. La produzione di tappi tecnici (in tutto o in parte formati da agglomerati) ha superato quella, più pregiata, delle chiusure monopezzo. Un segnale non positivo è anche la crescente esportazione di sughero grezzo dall'Italia verso i Paesi iberici e la contemporanea riduzione delle importazioni. Peraltro, le imprese sughericole nazionali hanno mostrato cenni di ripresa, favorite dal regime dei prezzi e dall'elevata qualità del prodotto di alcuni territori italiani, e cresce l'attenzione per la certificazione di processo e di prodotto. Inoltre, le piantagioni realizzate, prevalentemente in Sardegna, grazie ai Regg. CE 2080/92 e 1257/99 hanno raggiunto e superato la demaschiatura e si avviano a rafforzare la produzione, anche perché la loro prevalente localizzazione su ex seminativi ha accelerato accrescimento e produttività. La recente approvazione da parte del MASAF del piano di settore sughericolo (2022-2026) può rappresentare un quadro di riferimento per interventi attuativi a vari livelli: in particolare, favorisce l'elaborazione di proposte condivise nell'ambito di documenti strategici e in vista della nuova politica agricola comunitaria e il

coordinamento dei piani e programmi regionali. Considerazioni relativamente positive si riscontrano, in varie situazioni, anche per gli altri prodotti forestali non legnosi, il cui valore commerciale è valutato in circa 100 milioni di euro all'anno. Considerato che una parte rilevante non è registrata, si tratta verosimilmente di stime sottodimensionate che contraddistinguono una economia informale, ma con importanti ricadute socioeconomiche locali: in talune aree questi prodotti possono garantire redditi integrativi delle aziende agricolo-forestali, talora anche superiori a quelli ritraibili dalle utilizzazioni legnose, come nel caso, oltre che della sughericoltura, della castanicoltura da frutto, del pascolo ovicaprino in Sicilia e Sardegna, del pascolo bovino nei lariceti alpini o della vendita dei permessi per la raccolta dei funghi in varie aree prealpine e appenniniche. In assenza di un mercato strutturato non è facile ottenere dati statistici validi su larga scala per questo tipo di produzioni: è comunque auspicabile che la implementazione del SinFor (v. § 2.2) stimoli una maggiore sistematizzazione delle informazioni anche in questo settore (v. indicatori C.16 e C.17).

3. CONSIDERAZIONI E PROSPETTIVE

Il settore forestale italiano, ricco di risorse e biodiversità, affronta sfide significative legate alle sue debolezze strutturali, a cominciare da una base fondiaria che resta una delle più fragili d'Europa. A ciò si aggiunge la relativamente modesta meccanizzazione e la complessiva esilità delle imprese nazionali di utilizzazione boschiva e di prima trasformazione dei prodotti legnosi. Da non sottovalutare, inoltre, i costi amministrativi connessi alla gestione forestale, che risentono, in misura significativa, di complessità normativa, con procedure amministrative non di rado obsolete; peraltro, in questo contesto si distingue l'intervento del Decreto Legge n. 104/2023, convertito nella Legge n. 136/2023, che ha esteso la disciplina dell'art. 149 del Codice dei beni culturali e del paesaggio anche ai boschi tutelati ex art. 136, promuovendone una gestione amministrativamente più semplice (l'autorizzazione paesaggistica non è più necessaria per il taglio colturale in questi boschi, che rappresentano circa un quinto della superficie forestale nazionale).

Sotto il profilo produttivo, una delle principali sfide resta la necessità di un rapporto maggiormente consolidato tra proprietà forestali e filiere, che favorisca la corresponsabilità alla buona gestione e gli investimenti di medio-lungo periodo. Anche in questa prospettiva nel 2023 è stato attivato, con lo stimolo e il supporto della DIFOR MASAF, il Cluster nazionale ItaliaForestaLegno, realtà associativa che si propone di promuovere lo sviluppo del sistema e cooperare al suo rafforzamento sul panorama europeo ed internazionale.

In relazione all'elemento critico rappresentato dal valore aggiunto relativamente limitato nella gran parte dei cicli produttivi della filiera foresta-legno italiana, rimane particolarmente attuale la prospettiva indicata dalla Mozione del Congresso di Torino di defiscalizzare gli interventi selvicolturali per la salvaguardia e la valorizzazione dei boschi volti a garantire l'interesse pubblico: di non facile implementazione da un punto di vista istituzionale e operativo, tale provvedimento potrebbe essere opportunamente attivato nell'ambito dell'introduzione di misure di fiscalità di vantaggio per i territori delle aree protette, della montagna e delle aree interne, da tempo da più parti auspicata.

Altrettanto attuale rimane la necessità di iniziative che, come indicato dalla SFN, promuovano la creazione di valore attraverso l'innovazione (v. azione operativa C.2) e la comunicazione (v. sottoazione strumentale 4.4), quest'ultimo aspetto particolarmente rilevante, soprattutto se orientato alla realizzazione di un vero e proprio piano di comunicazione strutturato che offra al grande pubblico conoscenze e informazioni basate su effettive evidenze in merito al ruolo e al significato ecologico ed economico delle pratiche di gestione forestale e delle connesse filiere produttive. Una importante iniziativa in questa prospettiva è la recente creazione dell'Osservatorio dei prezzi dei prodotti forestali, affidato dalla DIFOR MASAF alla Borsa Merci Telematica Italiana e al Centro Studi Tagliacarne.

Selvicoltura ed economia forestale

È fuori dubbio che gli eventi climatici, sanitari e geopolitici intercorsi dal IV Congresso Nazionale di Selvicoltura del 2018 ad oggi hanno fatto accentuare esponenzialmente l'attenzione della collettività verso le problematiche ambientali. Per questo motivo, a livello europeo sono state introdotte una serie di azioni che pongono la questione ambientale e la coesione sociale dei territori al centro degli obiettivi di sviluppo sostenibile. Per dare risposte a tali questioni l'UE ha ideato l'*European Green Deal*, attraverso il quale si intende rendere il nostro continente a impatto climatico zero entro il 2050. Tale strumento fonda la sua attuazione su alcuni importanti pilastri: la Strategia Europea per la Biodiversità, la Strategia Forestale Europea al 2030, la Strategia Europea per il clima e la PAC con la sua Strategia *Farm to Fork*.

Analizzando queste strategie risulta evidente la centralità del ruolo delle risorse forestali nel raggiungimento degli obiettivi preposti. Tramite esse è possibile mettere in atto processi di sviluppo trasversali a molteplici settori del sistema economico, soprattutto in quei contesti territoriali dove altre ipotesi di sviluppo, non legate all'uso sostenibile delle foreste, stentano ad avere successo e dove la crisi economica in atto manifesta gli indicatori più preoccupanti e le maggiori priorità di intervento.

Augusto Marinelli: Università di Firenze.

Leonardo Casini: Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali, Università di Firenze.

Severino Romano: Scuola di Scienze Agrarie, Forestali, Alimentari e Ambientali, Università della Basilicata.

Un'azione strategica per lo sviluppo del settore forestale deve, però, tendere ad elidere i problemi atavici che affliggono il comparto e che disincentivano soprattutto i privati ad investire nelle risorse forestali. Problemi per troppo tempo “dimenticati”, che hanno condotto alla generalizzata “non gestione” delle risorse forestali nel nostro Paese con conseguente abbandono dei territori.

La sessione 7 *Selvicoltura ed economia forestale* a valle del Congresso nazionale aveva posto l'accento sulle seguenti considerazioni:

- è necessario favorire la gestione attiva delle risorse forestali e a tal fine è necessario “riportare l'economia in bosco”, ritornando al paradigma della sostenibilità non solo ambientale ma anche economica dei piani e degli interventi;
- è necessario individuare tutte le possibili sinergie pubblico-private per giungere al finanziamento delle attività nel settore forestale (misure forestali del PSR, strumenti per il pagamento dei servizi ecosistemici, ecc.) le cui ricadute collettive sono enormi (non è solo un problema del settore forestale ma è un problema trasversale di rivitalizzazione dei territori montani);
- è necessario sostenere e promuovere il miglioramento dell'efficienza produttiva e la valorizzazione delle filiere forestali anche attraverso strumenti di innovazione di processo, di prodotto ed organizzative (certificazione della GFS, ottimizzazione logistico/infrastrutturale, facilitazione di forme associative fra proprietari forestali, costruzione di accordi di foresta o filiere forestali, ecc.);
- è necessario aumentare i finanziamenti alla ricerca scientifica in campo forestale e favorire maggiormente il collegamento fra mondo della ricerca e mondo delle imprese per favorire l'acquisizione di posizioni di vantaggio competitivo sul mercato (GO, PEI, Cluster tecnologici, ecosistemi dell'innovazione, ecc.);
- è necessario porre l'accento ai nuovi mercati relativi alla fornitura dei servizi ecosistemici e sviluppare forme di compensazione per i proprietari pubblici e privati che applicando la GFS ne garantiscono la produzione. Da qui la necessità di individuare forme e strumenti di valutazione, anche economica, dei benefici non di mercato e individuazione degli strumenti da utilizzare per il Pagamento per i Servizi Ecosistemici e Ambientali.

Di seguito si cercherà di analizzare cosa è mutato nel periodo intercorso rispetto ai punti elencati in precedenza, considerando che con la promulgazione del Testo Unico del 2018 (Cfr. D.Leg. 3 aprile 2018, n. 34) il quadro di riferimento nazionale è sostanzialmente mutato e con esso gli ambiti operativi del settore.

Infatti, a valle dell'approvazione del TUFF, nel 2022 è stata approvata la nuova Strategia Forestale Nazionale (SFN, Cfr. TUFF, art. 6) con la quale vengono sanciti alcuni principi cardine:

- la multifunzionalità delle risorse forestali capaci di fornire una serie diversificata di prodotti di mercato e servizi ecosistemici;
- promuovere la gestione “attiva” delle foreste sia pubbliche che private e favorire l’attivazione di forme di associazione fra i proprietari forestali;
- favorire lo sviluppo del settore attraverso programmi strategici multisettoriali (i Programmi Forestali Regionali, PFR) incentrati sui concetti di gestione attiva e, soprattutto, sostenibile delle risorse forestali (GFS);
- la pianificazione multilivello (sia di area vasta con i Piani Forestali di Indirizzo Territoriale, PFIT, sia locale con i Piani di Gestione Comunali);
- aumentare la conoscenza delle risorse e del settore;
- favorire l’attivazione di una serie diversificata di *green chain* legate alla trasformazione del legno e alla produzione dei servizi ecosistemici, sfruttando al massimo le diversificate domande da parte della collettività ed i relativi mercati emergenti nell’ambito della bioeconomia;
- favorire sia la certificazione della gestione forestale attraverso schemi riconosciuti a livello internazionale come anche quella dei prodotti ritraibili attraverso le *chains of custody*.

Sulla base di tali indicazioni, l’idea forza dovrebbe essere quella di gestire in modo attivo le foreste, non solo per produrre assortimenti legnosi, ma per realizzare filiere diversificate e sostenibili, rendere i boschi più resilienti e capaci di fornire quantità sempre maggiori di servizi ecosistemici (Romano S., 2021).

Ed è proprio in questa direzione che si è sviluppata l’azione svolta dalla Direzione Generale dell’Economia Montana e delle Foreste del

MASAF con una serie di provvedimenti finalizzati a dare attuazione alla SFN e messi in atto nel periodo intercorso. Provvedimenti che, almeno in parte, sembrano muoversi nella direzione di quanto emerso nelle considerazioni finali della sessione 7 del Congresso.

In quel contesto, veniva prioritariamente focalizzata l'attenzione sulla necessità di mettere in atto a livello locale (regionale) una programmazione strategica degli interventi tesi allo sviluppo del settore, che si dovesse differenziare in modo sostanziale da quanto fatto in precedenza. Data la multifunzionalità delle risorse forestali, programmi di sviluppo locale potrebbero manifestare ricadute su molteplici comparti del sistema economico. Per tale motivo, gli strumenti di programmazione non possono non tener conto di tali effetti: proprio in questa direzione sembra muoversi il nuovo concetto di programmazione multisettoriale indicato all'interno della strategia nazionale che necessita però a livello locale (regionale) di un forte coordinamento fra le Autorità di Gestione (AdG) attinenti a fondi diversi all'interno del QCS (Romano S., 2020).

Questo fatto comporta che le risorse finanziarie, le misure e gli interventi da mettere in atto per il raggiungimento degli obiettivi contenuti nei nuovi Programmi Forestali Regionali, non possano essere individuati esclusivamente nell'ambito dei Complementi di Sviluppo Rurale (CSR) regionali, ma che debbano essere coordinati anche con gli altri programmi come auspicato nella considerazione ii) della sessione 7. Tali programmi e fondi riguardano alle risorse forestali sotto diversi aspetti (ad es. quelli del Fondo di Sviluppo e Coesione 21-27 che fa riferimento alla trasformazione dei prodotti, alla transizione energetica e digitale, alla ricerca e al trasferimento tecnologico, ecc.) per i quali l'azione sinergica può contribuire in modo determinante allo sviluppo del settore.

È fuori dubbio che il settore forestale manifesti caratteristiche del tutto peculiari: l'elevata frammentazione e polverizzazione della proprietà, la ridotta dimensione aziendale e la loro scarsa capacità di investimento in ricerca, innovazione e trasferimento tecnologico, l'elevato carico vincolistico che interessa le superfici forestali, la lunghezza dei cicli produttivi ed il forte rischio ad essi connessi, l'elevata connotazione pubblicistica delle risorse (anche quelle di proprietà privata), la

relativa conoscenza delle risorse in gioco, ecc. Sono fattori che determinano la scarsa appetibilità degli investimenti forestali per l'operatore privato. Per questo motivo è impensabile che lo sviluppo del settore possa essere ottenuto in assenza di una forte azione pubblica a cui debba fare riscontro una adeguata dotazione di risorse finanziarie da ricercare nella sinergia delle fonti finanziarie a disposizione.

Il nostro Paese con la Legge n. 234/2021, ha stabilito in 420 Mln di euro la dotazione del fondo per l'attuazione della SFN nei dieci anni del periodo 2022-2032 (Tab. 1) limitando l'uso di tali risorse da parte delle Regioni a ben specifici ambiti di applicazione¹ (Tab. 2) ritenuti prioritari dal tavolo di coordinamento nazionale.

Pur considerando che si tratta di risorse che servono a dare inizio all'applicazione della SFN e per le quali le Regioni devono individuare gli obiettivi prioritari da perseguire, non è possibile non rimarcare l'esiguità del finanziamento. Infatti, facendo riferimento all'entità della superficie forestale nazionale, per i 9 milioni di ettari di boschi rilevati nell'ultimo INFCC, sarebbero a disposizione poco più di 45 euro ad ettaro nel decennio di applicazione.

Se a ciò si aggiunge il fatto che anche nella passata programmazione dello sviluppo rurale 2014-2020² le misure forestali, pur nella diversa applicazione regionale, hanno rivestito un ruolo finanziario del tutto marginale (poco meno dell'8% della dotazione complessiva ed appena il 5% rispetto al totale realizzato), risulta evidente come si sia ben lontano dal prevedere una sorta di piano Marshall per lo sviluppo del settore. Questo, a dimostrazione che l'attenzione per un settore ed una materia di interesse strategico per la tutela e valorizzazione del territorio montano e rurale italiano continua a rimanere bassa (Cfr. Romano R., 2016).

La situazione non cambia anche in riferimento al PNRR, il nostro piano di investimenti per uscire dalla crisi economica conseguente la pandemia covid-19, che dedica alla misura 2 riservata alla rivoluzione verde e alla transizione ecologica ben il 31% della complessiva dotazione finanziaria (59,33 Mld di euro).

1. Il fondo conta 30 milioni di euro per ciascuno degli anni 2022 e 2023 e 40 milioni di euro per ciascuno degli anni dal 2024 al 2032.

2. In questo caso il fondo di riferimento è il FEASR, la stessa fonte finanziaria alla quale in massima parte fa riferimento la SFN per l'implementazione dei propri obiettivi.

Tabella 1 - Riparto regionale del fondo di dotazione per l'applicazione della SFN - biennio 2022-23.

REGIONE/ PROVINCIA	SUPERFICIE IN ETTARI - DATI INFC 2015	RIPARTO ANNI 2022 E 2023				Assegnazione AF 2023
		Colonna A	Colonna B	Colonna C	Assegnazione AF 2022	
		Quota fissa tra tutte le Regioni	Coefficiente di riparto calcolato in misura proporzionale alla superficie del territorio regionale	Coefficiente di riparto calcolato in misura proporzionale alla superficie iin ettari dell'INFC (*)	Sommatoria importi annualità 2022 (**)	
Abruzzo	474.599,00	107.142,86	80.606,51	1.094.786,68	1.282.536,00	1.282.536,00
Alto Adige	375.351,00	107.142,86	55.255,13	865.845,22	1.028.243,00	1.028.243,00
Basilicata	392.412,00	107.142,86	74.629,15	905.200,88	1.086.973,00	1.086.973,00
Calabria	650.620,00	107.142,86	112.605,56	1.500.825,14	1.720.574,00	1.720.574,00
Campania	491.259,00	107.142,86	101.477,58	1.133.217,33	1.341.838,00	1.341.838,00
Emilia Romagna	638.816,00	107.142,86	167.647,89	1.473.596,13	1.748.387,00	1.748.387,00
Friuli V. Giulia	373.614,00	107.142,86	58.663,87	861.838,38	1.027.645,00	1.027.645,00
Lazio	648.148,00	107.142,86	128.488,72	1.495.122,83	1.730.754,00	1.730.754,00
Liguria	387.244,00	107.142,86	40.472,61	893.279,54	1.040.895,00	1.040.895,00
Lombardia	692.220,00	107.142,86	178.182,47	1.596.786,42	1.882.112,00	1.882.112,00
Marche	313.081,00	107.142,86	69.928,86	722.205,19	899.275,00	899.275,00
Molise	173.273,00	107.142,86	33.135,67	399.699,48	539.978,00	539.978,00
Piemonte	975.424,00	107.142,86	189.659,01	2.250.070,49	2.546.872,00	2.546.872,00
Puglia	191.738,00	107.142,86	144.603,27	442.293,83	694.040,00	694.040,00
Sardegna	1.300.991,00	107.142,86	179.876,27	3.001.075,90	3.288.095,00	3.288.095,00
Sicilia	387.234,00	107.142,86	191.921,42	893.256,47	1.192.321,00	1.192.321,00
Toscana	1.189.722,00	107.142,86	171.666,30	2.744.404,86	3.023.214,00	3.023.214,00
Trentino	407.086,00	107.142,86	46.346,55	939.050,30	1.092.540,00	1.092.540,00
Umbria	413.956,00	107.142,86	63.140,74	954.897,75	1.125.181,00	1.125.181,00
Valle d'Aosta	107.976,00	107.142,86	24.366,27	249.074,88	380.584,00	380.584,00
Veneto	469.695,00	107.142,86	137.326,14	1.083.474,32	1.327.943,00	1.327.943,00
Totale	11.054.459,00	22.250.000,00	2.250.000,00	25.500.000,00	30.000.000,00	30.000.000,00

(*) Il coefficiente di riparto della colonna B è approssimato alla quarta cifra decimale.

(**) Il calcolo dell'importo da assegnare a ciascuna Regione è stato effettuato arrotondando il risultato all'unità.

Tabella 2 - Obiettivi prioritari per l'utilizzo dei fondi per l'applicazione della SFN a livello regionale.

RIFERIMENTO AZIONE	DESCRIZIONE AZIONE	OBIETTIVI/TARGET E TEMPISTICHE
Azione operativa A.1	Programmazione e pianificazione forestale e politiche di gestione e conservazione del paesaggio e del territorio	Obiettivi da raggiungere entro il 2030 con particolare riferimento alle sotto-azioni A.1.1, A.1.2 e A.1.3
Azione operativa A.4	Diversità biologica degli ecosistemi forestali	Obiettivi da raggiungere entro 5 anni
Azione operativa A.5	Risorse forestali danneggiate e prevenzione dei rischi naturali e antropici	Obiettivi da raggiungere entro 5 anni
Azione operativa B.1	Gestione forestale sostenibile	Target da raggiungere entro il 2025 con particolare riferimento alla sotto-azione B.1.1.e) miglioramento dell'accessibilità al bosco
Azione operativa B.2	Qualificazione degli operatori forestali e capacità operativa delle imprese boschive	Target da raggiungere entro il 2025, con particolare riferimento alla prosecuzione in sede regionale delle attività già avviate con il progetto For.Italy
Azione specifica 3	Risorse genetiche e materiale di propagazione forestale	Sebbene indicata come azione di lungo periodo, ma con obiettivi a breve, è reputato urgente il rilancio del settore vivaistico-forestale, sia per le attività di ripristino dopo disturbi di varia natura, sia per la richiesta derivante dal "fuori foresta" (es. imboschimento di aree urbane e periurbane)
Azione specifica 7	Boschi ripariali, planiziali, costieri e pinete litoranee	Obiettivo da conseguire con le tempistiche indicate nella Strategia Forestale Nazionale
Azione strumentale 1	Monitoraggio delle variabili socioeconomiche e ambientali, coordinamento e diffusione delle informazioni e dei dati statistici	Obiettivi da raggiungere entro 5 anni con particolare riferimento alla sotto-azione 1.4

Tabella 3 - Esempi di specifiche misure forestali presenti nei PNRR di altri Paesi dell'UE.

PAESE	TIPOLOGIE DI LINEE DI INTERVENTO	MIL. DI €	% SU FONDI PNRR
Repubblica Ceca	Interventi di mitigazione dei cambiamenti climatici	0,34	0,01
	Regimazione idrica delle foreste	11,8	0,17
Finlandia	Interventi di mitigazione dei cambiamenti climatici	30	1,43
Grecia	Programma nazionale di rimboschimento	224	0,73
Portogallo	Interventi su foreste vulnerabili	270	1,63
	Interventi antincendio	120	0,72
Romania	Piantagioni forestali	1,5	0,01
Svezia	Compensazioni per vincoli ambientali su foreste di elevato valore ambientale	245	7,66

Nell'ambito di tale misura si sarebbero potuti programmare importanti investimenti tesi alla gestione e valorizzazione delle risorse forestali, considerando che queste occupano più di un terzo del territorio nazionale e sono prevalentemente dislocate nelle aree interne del nostro Paese, territori marginali con forti criticità demografiche, economiche e di coesione con i territori a sviluppo più autopulsivo (Romano S., 2020). Il PNRR italiano non prevede specifiche misure a favore del settore forestale, a parte alcuni interventi che potremmo definire spot relativi alle *green communities* e alle foreste urbane nelle città metropolitane.

Tale realtà mostra nei fatti una sorta di “distrazione” del decisore nei confronti del settore forestale, soprattutto rispetto a quanto fatto da altri Paesi europei, alcuni dei quali hanno previsto nei propri PNRR specifiche misure ed investimenti, come ad esempio i 224 Mln di euro che la Grecia dedica ad un programma nazionale di rimboschimenti, o i 270 Mln di euro della Svezia (più della metà della dotazione finanziaria decennale della nostra SFN nei soli due anni di applicazione del PNRR), dedicati alla compensazione per i proprietari privati per i vincoli ambientali sulle foreste (Tab. 3). Una sorta di riconoscimento

per la produzione di SE rinvenienti dai boschi di proprietà, che guarda caso è proprio ciò che prevede il TUFF all'art. 7, comma 8.

A fronte di ciò, però, bisogna evidenziare come siano state messe a terra una serie di iniziative in seguito all'attuazione della SFN che si muovono nella direzione auspicata nelle considerazioni finali della sessione.

Agli inizi del 2020 è stato pubblicato il bando di selezione di proposte progettuali per la costituzione di forme associative o consortili di gestione delle aree silvo-pastorali (D.M. n. 13329 del 22/04/2020), con il quale sono state finanziate 55 proposte progettuali che, partendo dall'animazione territoriale, conducono alla costituzione di forme associative e alla stesura di un proprio piano di gestione forestale pluriennale. Lo scopo del bando è stato proprio quello di contrastare il frazionamento delle proprietà silvo-pastorali nelle aree montane e nelle aree interne del Paese, favorendo la pianificazione e gestione attiva dei boschi, valorizzando le loro vocazionalità produttive, ambientali e sociali. Tale iniziativa è in linea con la considerazione iii) della sessione.

Sempre in riferimento alla considerazione iii) della sessione, nella L. n. 108 del 29 luglio 2021 è stato introdotto l'art. 35 bis recante *Misure di semplificazione e di promozione dell'economia circolare nella filiera foresta-legno*, dove vengono introdotti gli *accordi di foresta*, quali strumenti per lo sviluppo di reti di imprese nel settore forestale. A seguito di tale indicazione il Ministero ha pubblicato il bando relativo ai Contratti di filiera per il settore forestale (D.M. 221150 del 26 aprile 2023) con una dotazione finanziaria complessiva pari a 10 Mln di euro per progetti con massimale pari a 1,2 Mln di euro. In tale bando si fa esplicito riferimento agli Accordi di foresta citati precedentemente al fine di favorire processi di riorganizzazione dei rapporti tra i differenti soggetti della filiera. Nonostante il bando avesse un vincolo molto forte legato alla mutiregionalità della filiera, sono state sottoposte 62 candidature e sono stati ammessi a sostegno 12 progetti di filiera, manifestando così il forte interesse degli operatori a livello nazionale. Beneficiari del finanziamento potevano essere i proprietari di superfici forestali o titolari della gestione di superfici forestali, PMI imprese operanti nel settore delle utilizzazioni e produzioni forestali e dell'arboricoltura da legno, soggetti della ricerca, mentre il sostegno

era indirizzato fra l'altro all'implementazione di innovazioni di processo e di prodotto.

Nella considerazione iv) della sessione si poneva l'accento sulla necessità di aumentare i finanziamenti alla ricerca nel settore forestale e nel trovare strumenti e soluzioni capaci di favorire un più stretto rapporto fra il mondo della ricerca e il mondo delle imprese al fine di favorire lo sviluppo ed il trasferimento tecnologico delle innovazioni.

In questa direzione si erano mossi nella passata programmazione del PSR la misura 16 relativa alla cooperazione ed in particolare la 16.1 dedicata alla costituzione dei partenariati europei dell'innovazione (PEI) e dei gruppi operativi (GO) e la misura 16.2 dedicata alla ricerca e sviluppo delle innovazioni e al loro trasferimento tecnologico. Senza entrare nel merito della dotazione finanziaria delle misure che, pur nella variabilità riscontrabile fra le diverse regioni (Tab. 4), manifesta un'entità modesta rispetto alla complessiva dotazione dei PSR regionali, non si può non notare come i progetti finanziati di tipo forestale abbiano rappresentato una consistenza minimale rispetto a quelli relativi al mondo agricolo.

Nell'attuale programmazione, la diffusione della conoscenza, dell'innovazione, la digitalizzazione nel settore agricolo e nelle aree rurali è demandato all'AKIS (Agricultural Knowledge and Innovation Systems), che viene elevato ad obiettivo strategico trasversale nella PAC, ed in questo ambito è da sperare che le risorse dedicate al comparto forestale possano manifestare un'entità superiore a quanto realizzato nella passata programmazione.

Ad ogni modo, è fuori dubbio, che le esperienze avute nei gruppi operativi (GO) nella passata programmazione abbiano rivestito importanti ricadute positive, soprattutto per quanto riguarda le relazioni fra mondo della ricerca e delle imprese finalizzate a trovare soluzioni tecnologiche per risolvere problemi comuni.

In questa direzione è sicuramente da prendere positivamente in considerazione la nascita del Cluster Italia Foresta Legno costituitosi nel luglio 2023. Si è così realizzato uno degli obiettivi della SFN. Fra i soci fondatori ci sono rappresentanti del mondo delle imprese, dei distretti tecnologici e del mondo della ricerca con lo scopo sostenere il trasferimento tecnologico e mettere a sistema le realtà di aggregazione

Tabella 4 - Spesa pubblica (in euro) programmata per regione per le misure 16.1 e 16.2.

REGIONE	16.1	16.2	PSR	INC % 16.1	INC % 16.2	INC % TOT
Abruzzo	2.000.000	3.000.000	479.465.592	0,42	0,63	1,04
Basilicata	2.723.803	3.721.528	671.376.860	0,41	0,55	0,96
Prov. Bolzano	1.600.000	non attivata	361.672.078	0,44	-	0,44
Calabria	2.075.000	5.625.000	1.089.310.744	0,19	0,52	0,71
Campania	21.000.000	non attivata	1.812.543.802	1,16	-	1,16
Emilia- Romagna	41.300.000	10.000.000	1.174.315.863	3,52	0,85	4,37
Friuli V. Giulia	2.500.000	1.000.000	292.305.195	0,86	0,34	1,20
Lazio	3.283.807	8.500.000	822.298.237	0,40	1,03	1,43
Liguria	2.240.000	3.360.000	309.657.980	0,72	1,09	1,81
Lombardia	11.400.000	6.000.000	1.142.697.124	1,00	0,53	1,52
Marche	15.700.000	4.000.000	697.212.430	2,25	0,57	2,83
Molise	4.000.000	2.000.000	207.750.000	1,93	0,96	2,89
Piemonte	15.370.000	4.950.000	1.078.937.848	1,42	0,46	1,88
Puglia	3.000.000	30.000.000	1.616.730.579	0,19	1,86	2,04
Sardegna	10.680.000	8.970.000	1.291.510.417	0,83	0,69	1,52
Sicilia	25.000.000	4.160.000	2.184.171.901	1,14	0,19	1,34
Toscana	989.722	30.543.504	949.420.223	0,10	3,22	3,32
Prov. Trento	4.000.000	non attivata	297.575.617	1,34	-	1,34
Umbria	8.800.000		928.552.876	0,95	2,53	3,48
Valle d'Aosta			136.924.861	0,00	0,00	0,00
Veneto	4.417.904	18.179.499	1.169.025.974	0,38	1,56	1,93
<i>Totale</i>	<i>182.080.236</i>	<i>167.509.531</i>	<i>18.713.456.201</i>	<i>0,97</i>	<i>0,90</i>	<i>1,87</i>

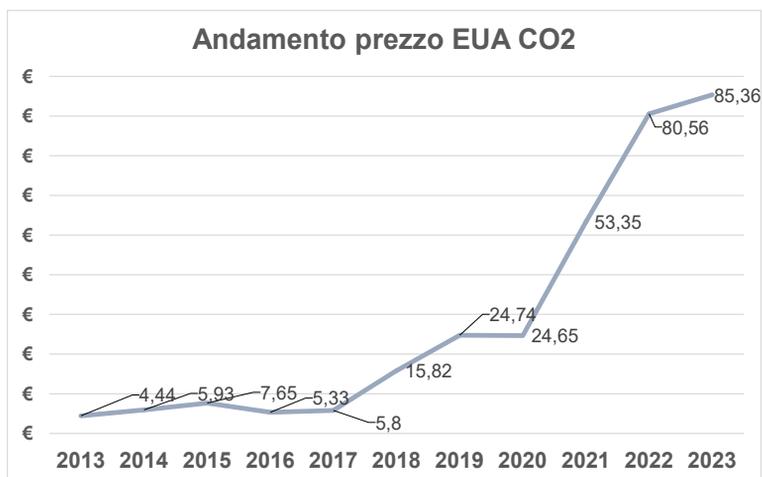
Fonte: Rete Rurale Nazionale.

industriale e le reti già presenti, creando al contempo sinergie nei processi di innovazione e di collocazione sul mercato.

Infine, rimangono ancora aperte le questioni relative alla considerazione v) della sessione 7 relative allo sviluppo dei nuovi mercati.

Oggi i prodotti del bosco che vengono scambiati sul mercato sono essenzialmente rappresentati dagli assortimenti legnosi ritraibili e fra questi, in modo sempre più diffuso soprattutto nelle Regioni meridionali, dalla biomassa per fini energetici. Anzi, è da ribadire come il mercato della biomassa abbia attivato la gestione forestale in aree solitamente caratterizzate dalla scarsa appetibilità per la esiguità dei macchiatici rilevabili. Non è insolito che la richiesta di biomassa faccia spuntare prezzi di sicuro interesse per le imprese boschive, anche in periodi stagionalmente non favorevoli proprio in quelle aree vocationalmente indirizzate alla produzione di legna da ardere. In modo duale è da rilevare come possano essere destinati a biomassa anche assortimenti di pregio (tondame di faggio ad es.) in quelle aree dove non si riesce a realizzare sbocchi commerciali che possano valorizzare queste produzioni. Senza demonizzare questo tipo di mercato, che però vive sotto la spinta delle incentivazioni riservate alle rinnovabili, sarebbe auspicabile porre le basi per lo sviluppo di filiere produttive che possano far riferimento ad un approccio a cascata delle utilizzazioni legnose, dando concretezza allo sviluppo della bioeconomia forestale.

D'altro canto, è fuori dubbio come la collettività eserciti una molteplicità di domande diversificate a carico delle risorse forestali, non solo relativamente a prodotti che vengono scambiati nel mercato (gli assortimenti legnosi ed i prodotti del sottobosco), ma anche per i servizi ecosistemici che esse sono in grado di fornire. Anzi, in alcuni contesti questi diventano preminenti rispetto alla produzione legnosa, ma è da ribadire come la loro crescente fornitura non è indipendente dalla gestione del bosco, che deve essere finalizzata ad enfatizzare le vocationalità dei soprassuoli nei diversi contesti territoriali. È evidente come il valore economico totale del bosco (VET) possa essere identificato nella risultante di una molteplicità di componenti (valori) la cui sistematizzazione è ormai consolidata (Cfr. MEA, 2005) e come le domande esercitate offrano la possibilità di attivazione a livello locale di nuovi mercati ai quali collegare le filiere produttive. Si pensi ad esempio ai SE culturali con il



Nota: EUA (*Emission Unit Allowances*) = 1 tonnellata equivalente di CO₂ (fonte www.sendeco2.com). Per il 2023 il dato è aggiornato ad aprile.

Figura 1 - Andamento del prezzo dei crediti di carbonio nell'ultimo decennio.

settore del *Green Care* o ai mercati volontari dei crediti di carbonio il cui valore è costantemente in crescita da alcuni anni (Fig. 1).

Diversi studi hanno cercato di giungere ad una definizione puntuale (spaziale) del VET cercando di fornire importanti indicazioni a livello territoriale dei differenziali di valore economico esistenti per le aree boscate ai fini pianificatori (Cfr. Marinelli e Marone, 2013).

D'altro canto, pensare alla compensazione della fornitura di SE, secondo quanto prevede l'attuale normativa (Cfr. TUFF art. 7, comma 8 e L. n. 221/2015, art. 70), potrebbe essere la chiave di volta per rinnovare l'interesse soprattutto dei proprietari privati verso la gestione delle risorse forestali.

È evidente, però, come la nascita di tali mercati debba essere oggetto di una attenta programmazione a livello locale (regionale) attraverso gli strumenti di programmazione (PFR) e di pianificazione di area vasta (PFIT) che la SFN individua. L'internalizzazione di una forma di scambio e/o compensazione di tali valori potrebbe far aumentare l'appetibilità verso la gestione attiva delle risorse forestali.

Resta il problema, ancora irrisolto, su quali possano essere gli strumenti che il decisore pubblico possa mettere in atto nella compensazione ai proprietari pubblici e privati per la fornitura di questi SE. In

alcuni casi la spinta da parte del decisore dovrebbe essere quella tesa alla creazione del mercato e delle regole che lo governano (ad es. nei mercati volontari dei crediti di carbonio a livello locale). Per altri SE, se si fa riferimento a misure individuabili all'interno dei CSR, rimane il problema della loro effettiva (certa) quantificazione e dell'ammon-tare del valore da corrispondere in riferimento ad un dato misurabile (ettaro?) al pari di altre misure agroambientali.

Ad ogni modo, è importante ammettere che: non ci sarà mai gestione sostenibile se non riportiamo l'economia in bosco e che dobbiamo pensare alla gestione delle risorse forestali non solo per produrre legname, ma dobbiamo gestirli per avere boschi maggiormente resilienti e in grado di erogare un insieme diversificato di prodotti e servizi ecosistemici (Pettenella, 2009).

BIBLIOGRAFIA

- Forest Europe, 2020 - *State of Europe's Forests 2020*.
- Marinelli A., Romano D., 1990 - *La strategia forestale in Italia e Nella CEE*. La questione Agraria, n. 40.
- Marinelli A., Marone E., 2013 - *Il valore economico totale dei boschi della Toscana*. Franco Angeli.
- Millenium Ecosystem Assesment, 2005 - *Global Assessment Reports*.
- Pettenella D., 2009 - *Le nuove sfide per il settore forestale*. Ed. Tellus.
- Romano R., 2016 - *Misure forestali, avanti in ordine sparso*. Pianeta PSR, Rete Rurale, n. 53
- Romano S., 2020 - *L'implementazione della Strategia Forestale Nazionale a livello locale: un'opportunità importante, non facile da cogliere*. Forest@ - Rivista di Selvicoltura ed Ecologia Forestale, vol. 17: 58-62. <https://doi.org/10.3832/efor0057-017>
- Romano S., 2021 - *Transizione ecologica o green washing? Alcune riflessioni sulla gestione delle risorse forestali in Italia alla luce del PNRR*. I tempi della Terra, n. 10.

Monitoraggio e pianificazione forestale

1. INTRODUZIONE

La gestione delle risorse forestali e ambientali pone la necessità di un flusso costante di informazioni sul loro stato ed evoluzione e sulle interrelazioni dinamiche con le altre forme d'uso del territorio. Il costante avanzamento scientifico e tecnologico e le modifiche al quadro normativo sia sul piano nazionale, sia sul piano Europeo hanno determinato negli ultimi anni un profondo cambiamento nel settore del monitoraggio e della pianificazione forestale. Il ruolo prioritario di queste esigenze informative ha promosso un significativo sviluppo degli inventari forestali in tutto il mondo (Mac Dicken *et al.*, 2015) con particolare riferimento alle relazioni con le fonti informative da telerilevamento (McRoberts e Tomppo, 2007; White *et al.*, 2016).

Sul piano nazionale il Decreto legislativo 19 agosto 2016, n. 177, all'articolo 7, comma 2 dispone che l'Arma dei Carabinieri, tra le altre, eserciti le attività di studio connesse alla rilevazione qualitativa e quantitativa delle risorse forestali, al monitoraggio sullo stato fitosanitario

Gherardo Chirici: Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali, Università di Firenze.

Giancarlo Papitto: Arma dei Carabinieri, Comando Unità Forestali, Ambientali e Agroalimentari.

Federico Maetzke: Accademia Italiana di Scienze Forestali.

Roberto Scotti: Dipartimento di Agraria, Università di Sassari.

Marco Marchetti: Dipartimento di Architettura e Progetto, "Sapienza", Università di Roma.

delle foreste, ai controlli sul livello di inquinamento degli ecosistemi forestali e al monitoraggio del territorio in genere con raccolta, elaborazione, archiviazione e diffusione dei dati. La forza armata effettua il monitoraggio delle foreste in quanto le stesse sono considerate un asset strategico del Paese per i servizi ecosistemici relativi ai cambiamenti climatici e agli aspetti geopolitici connessi. Il legislatore, nell'affidare all'Arma dei Carabinieri le attività di rilevazione dei dati qualitativi e quantitativi delle foreste, ha voluto assicurare ad una Forza Armata dello Stato un'attività strategica per il Paese.

Inoltre, agli articoli 14 e 15 del Testo Unico in materia di Foreste e Filiere forestali (TUFF) (Decreto legislativo n. 34 del 2018), e del Capitolo 6 (Monitoraggio e Valutazione) della Strategia Forestale Nazionale), è istituito il SINFor - Sistema Informativo Forestale Nazionale che nasce dalla collaborazione tra il Ministero dell'agricoltura, sovranità alimentare e delle foreste (MASAF) e il Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria, e si pone l'obiettivo di: "porre le basi per migliorare, incrementare, coordinare e armonizzare le informazioni statistiche e cartografiche inerenti il patrimonio forestale nazionale e i settori produttivi ad esso collegati". Lo stesso TUFF specifica chiaramente la rilevanza del monitoraggio forestale da svolgersi attraverso l'Inventario Forestale Nazionale.

In tale contesto l'Inventario Nazionale delle Foreste Italiane fornisce un esame globale, approfondito e puntuale dello stato qualitativo e quantitativo delle foreste del Paese. Esso rappresenta, in particolare, lo strumento con cui contabilizzare il contenuto di carbonio immagazzinato nelle foreste, in adempimento agli accordi sottoscritti dall'Italia nell'ambito della Convenzione Quadro sui Cambiamenti Climatici delle Nazioni Unite (UNFCCC). I dati dell'Inventario Nazionale delle Foreste Italiane che confluiranno attraverso la piattaforma *Smart Forest Monitoring*, in corso di realizzazione da parte dell'Arma dei Carabinieri, nel Sistema Integrato di Monitoraggio (SIM) del MASE insieme a quelli del SINFor, in corso di realizzazione da parte del MASAF rappresentano quindi una base di conoscenza strategica innovativa di supporto all'attuazione della Strategia Forestale Nazionale che si compone di due ambienti interconnessi di indagine, la Carta forestale nazionale e il Database foreste che permetteranno, attraverso la raccolta e consultazione di dati

e informazioni puntuali e specifiche in materia forestale, di disporre di informazioni e conoscenze aggiornate e affidabili sulle foreste, sul settore forestale e sulle filiere produttive, ambientali e socio-culturali italiane.

Sul fronte della pianificazione le diverse Regioni, anche con il supporto dei fondi per l'implementazione della Strategia Forestale Nazionale, hanno recepito il TUFF con particolare riferimento all'implementazione di procedure tecniche per la redazione dei piani forestali di indirizzo territoriale (PFIT), e la definizione degli ambiti territoriali di applicazione, in relazione sia agli strumenti informativi disponibili sia ai dispositivi di pianificazione d'altri settori. Alcune Regioni hanno già ottenuto importanti risultati operativi per l'applicazione delle recenti disposizioni per la definizione dei criteri minimi nazionali per l'elaborazione dei Piani Forestali di Indirizzo Territoriale e dei piani di gestione forestale (D. Interm. n. 563765 del 28/10/2021).

Sul piano europeo le necessità di reporting sulla consistenza delle risorse forestali sono state recentemente aggiornate con la proposta di regolamento del Parlamento Europeo e del Consiglio su un quadro di monitoraggio per la resilienza delle foreste europee (https://environment.ec.europa.eu/publications/proposal-regulation-forest-monitoring-framework_en). Si tratta di una iniziativa legislativa molto importante che colmerà le lacune esistenti nella raccolta di informazioni sulle foreste europee e creerà una base completa ed omogenea di conoscenze sulle foreste finalizzata a migliorare la gestione forestale e a rafforzare la resilienza delle foreste nei riguardi delle crescenti pressioni. Tra i numerosi spunti proposti alcuni sono particolarmente importanti. Sul piano normativo si ribadisce la rilevanza degli ecosistemi forestali per i numerosi servizi ecosistemici che essi svolgono e quindi si sottolinea l'importanza di un corretto monitoraggio come prerequisito per il raggiungimento dei numerosi impegni ambientali dell'Unione. La centralità delle foreste per la lotta ai cambiamenti climatici è infatti sancita dal regolamento 2021/1119 (normativa europea sul clima) in cui l'Unione si è impegnata a raggiungere la neutralità climatica entro il 2050. Le foreste europee sono inoltre soggette ad altri obblighi, quali quelli relativi alla protezione delle specie e degli habitat a norma della direttiva 92/43/CEE, alla deforestazione a norma del regolamento 2023/1115 (regolamento sulla deforestazione), al ripri-

stino della natura di cui alla Strategia UE sulla biodiversità per il 2030 e più in generale in riferimento all'*European Green Deal*. Le foreste e la selvicoltura sono inoltre cruciali per conseguire priorità fondamentali quali il nuovo Bauhaus europeo o la strategia dell'UE per la bioeconomia e come da fonti rinnovabili di energia a norma della direttiva 2018/2001 (direttiva sulle energie rinnovabili).

In questo quadro appare particolarmente rilevante il contributo al monitoraggio forestale determinato dai forti investimenti dell'Unione Europea nell'ambito del progetto COPERNICUS, che hanno portato oggi alla disponibilità di un maggior numero di immagini telerilevate da sensori attivi e passivi acquisiti con sempre maggiore frequenza temporale, e a sempre maggiore risoluzione geometrica e radiometrica (Chirici, 2020). In tal senso l'avvento delle tecniche di elaborazione su piattaforme cloud oggi permettono di trattare grandi moli di dati in tempi estremamente contenuti e senza particolari investimenti hardware (Gorelick *et al.*, 2017).

Pur nella consapevolezza degli enormi progressi consentiti nel monitoraggio continuo di boschi e foreste (per esempio con riferimento alla quantificazione dei disturbi naturale e dei relativi danni), in questa nota s'intendono presentare i due più importanti progetti di monitoraggio forestale che in Italia a livello nazionale si stanno concretizzando e che permetteranno nel prossimo futuro una migliore e più aggiornata conoscenza delle caratteristiche delle foreste Italiane: il nuovo Inventario Forestale Nazionale Italiano (IFNI) che prenderà il via con le attività di campagna nel 2025 e che sostituirà il vecchio impianto dell'Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi e la Carta Forestale Nazionale in scala 1:10.000.

Il contributo si conclude richiamando la rilevanza di queste nuove fonti informative come supporto alla realizzazione dei piani forestali di indirizzo territoriale.

2. IL NUOVO INVENTARIO FORESTALE NAZIONALE ITALIANO

L'Inventario Forestale Nazionale Italiano (IFNI) dal 2025 porterà verso un sistema di monitoraggio delle foreste permanente su base an-

nuale ed includendo un maggior numero di variabili osservate anche per poter rispondere alle rinnovate richieste informative provenienti dalla recente iniziativa dell'Unione Europea per una Legge sul monitoraggio forestale (https://environment.ec.europa.eu/publications/proposal-regulation-forest-monitoring-framework_en).

Le novità introdotte dal nuovo progetto IFNI rispetto a INFC 2005/2015 sono numerosissime. Le definizioni adottate per le variabili forestali sono state però mantenute invariate al fine di poter mantenere inalterata la confrontabilità con le stime prodotte al 2005 e 2015.

Il nuovo Inventario Forestale, rispetto alle precedenti indagini realizzate a cadenza decennale, si basa su un'attività di campionamento annuale a panel ruotato da completarsi ogni cinque anni. Questo nuovo approccio prevede l'annuale esecuzione di rilievi di campagna in un quinto del territorio nazionale. L'approccio a panel ruotato prevede che l'indagine annuale sia eseguita in tutto il territorio nazionale compreso nello stesso numero di cella, seguendo un ordine progressivo selezionato casualmente. Conclusi i rilievi di campagna del quinto anno e quindi le acquisizioni in tutti e cinque i panel, la totalità dei punti di campionamento insistenti nei boschi italiani saranno stati visitati e misurati, permettendo l'elaborazione delle stime inventariali aggregate, con incertezze comparabili alle stime di INFC2015. A partire dal 2030 ogni anno le stime saranno basate sulla totalità delle unità di campionamento con un approccio a finestra mobile temporale sull'intervallo di 5 anni.

La strategia inventariale del nuovo IFNI prevede un campionamento stratificato a tasselli (*tassellation stratified sampling* - TSS) in due fasi, in cui la prima è volta alla stratificazione bosco-non bosco del territorio nazionale, mentre la seconda ha come obiettivi la stima delle superfici forestali e degli attributi quantitativi. In tal senso il nuovo progetto IFNI risulta semplificato rispetto alla strategia inventariale adottata dalle precedenti indagini inventariali dell'INFC che prevedeva tre fasi di campionamento (Gasparini *et al.*, 2022).

Si ricorda che in INFC in prima fase oltre 301.000 punti di campionamento furono individuati in ogni maglia del reticolo chilometrico nazionale secondo lo schema di campionamento di TSS, essi furono classificati secondo l'uso e copertura del suolo attraverso la fotointer-

pretazione di ortofoto. Sulla base della fotointerpretazione di prima fase venivano quindi individuati i punti appartenenti agli strati di interesse per la fase di rilievo successiva. La seconda fase di campionamento (o fase 2) fu eseguita in un sotto-campione dei punti di prima fase, oltre 30.000, selezionati secondo un campionamento stratificato per Regione e classe di uso e copertura del suolo. I punti di seconda fase furono visitati al suolo per verificare la classificazione preliminare ottenuta da fotointerpretazione e assegnare la categoria inventariale e la categoria forestale. Nel corso dei rilievi di campagna di seconda fase furono inoltre valutati e classificati i caratteri qualitativi delle formazioni forestali, così da produrre le stime della ripartizione della superficie forestale. I punti di campionamento di terza fase (o fase 3), furono selezionati in un sottocampione della seconda fase stratificato per categoria forestale, uso e copertura del suolo e regione di appartenenza. Le misure dei caratteri quantitativi furono quindi eseguite su circa 7000 punti di terza fase consentendo la produzione delle stime dei totali e delle densità, o valori per unità di superficie, delle variabili quantitative (volume, fitomassa, incremento annuo di volume, necromassa, ecc.) (Gasparini *et al.*, 2022).

Un sostanziale cambiamento nella nuova indagine inventariale riguarda il reticolo impiegato per suddividere il territorio nazionale in porzioni di uguale superficie in modo da individuare i punti del campione IFNI. Il nuovo reticolo si origina dalla griglia chilometrica generata in occasione della progettazione INFC. Questo reticolo presenta maglie quadrangolari di dimensione 1 km × 1 km geometricamente agganciate a meridiani e paralleli. Le maglie, pur avendo forma quadrata in proiezione piana solo in prossimità del meridiano di origine, hanno ovunque una superficie identica, pari a 1 km². Il nuovo reticolo adottato per IFNI 2025 ha previsto l'accorpamento di 4 x 4 maglie chilometriche, per complessivi 16 km². Per ogni maglia del nuovo reticolo (griglia 4 km x 4 km), è stato estratto casualmente uno dei 16 punti di prima fase INFC. I circa 20000 punti di campionamento così selezionati, che mantengono le proprietà di distribuzione sistematica non allineata nazionale secondo lo schema di campionamento TSS (Särndal *et al.*, 1992), rappresentano il campione di prima fase. In ogni punto di prima fase viene eseguita la fotointerpretazione per

la classificazione di uso e copertura del suolo sulla base delle ortofoto più recenti disponibili. In riferimento alla fase di fotointerpretazione, il progetto del nuovo Inventario Forestale lascia aperta la possibilità di aggiornamenti ed integrazioni ai dati telerilevati da utilizzare. In particolare, promettente e in linea con le esigenze inventariali potrebbero risultare le immagini della futura missione Iride. La seconda fase di campionamento viene eseguita in tutti i punti campione classificati a bosco in prima fase. Nei punti di seconda fase si procede con rilevamento a terra e misura dei caratteri qualitativi e quantitativi. Considerando il coefficiente di boscosità del 36,8% a livello nazionale, emerso dall'ultimo Inventario Forestale INFC2015, sono attesi oltre 7000 punti di seconda fase IFNI, atti a produrre le stime dei totali e delle densità, o valori per unità di superficie, delle variabili quantitative (quali volume, fitomassa, incremento annuo di volume, necromassa, ecc.), con incertezze statistiche in linea con i risultati di INFC.

Anche per quanto riguarda i rilievi in campo le novità introdotte dal nuovo IFNI sono numerose. Le valutazioni e le misurazioni in campo sono condotte in unità di campionamento (puntuali o area di saggio) coerenti con i rilievi già eseguiti nelle indagini INFC ma s'introduce il posizionamento di tutti gli alberi appartenenti all'area di saggio di 13 m di raggio aventi quindi $d \geq 9,5$ cm. Per questi individui viene anche rilevata la proiezione della chioma secondo i quattro punti cardinali e l'altezza d'inserzione della chioma. Ulteriori modifiche al protocollo di rilievo riguardano la rilevazione dei microhabitat, la misurazione delle altezze e il prelievo delle carote incrementali. Il rilievo dei microhabitat, da eseguirsi per singolo albero; prevede il riconoscimento a vista di vari tipi di microhabitat e le relative abbondanze (Kraus *et al.*, 2016; Parisi *et al.*, 2021). Il prelievo delle carote incrementali sarà eseguito in un sottoinsieme dei campioni di altezza (massimo sei individui) comprendendo uno tra i cinque alberi di maggiore diametro. All'interno dell'AdS13 saranno eseguite anche le misure sul legno morto, la cui definizione subisce lievi variazioni rispetto a INFC. Le ultime unità di campionamento, dedicate ai rilievi della rinnovazione e delle specie arbustive, sono rappresentate da due sotto-aree circolari con raggio di 2 m. Una novità particolarmente rilevante di IFNI2025 riguarda l'introduzione di un rilievo floristico-

vegetazionale da eseguirsi in ogni punto di seconda fase eseguendo un transetto di 10 m (Tr10), a partire da 2 m dal punto centrale. Una ulteriore indagine, da eseguirsi in un sotto campione di aree inventariali (circa 500 plot) selezionate in modo probabilistico uniformemente distribuito nel territorio nazionale, riguarda la stima di indici di biodiversità. Il rilievo sarà effettuato in plot quadrati di 10 x 10 m (AdSQ10).

Particolare rilevanza assume la potenzialità di utilizzare il rilievo inventariale congiuntamente alla cartografia, per poter avere uno sguardo generale sulle modifiche di uso e copertura del suolo nel paesaggio dell'intero territorio nazionale, assente da troppo tempo in modo affidabile e relegato a visioni sempre parziali e settoriali. Infatti, come accennato, secondo l'ultimo aggiornamento IUTI 2021, la superficie boscata supera ormai nettamente quella dei seminativi passando da poco meno di 9M ha nel 1990 ai 9,95M ha attuali (+10,5%), mentre i seminativi sono passati da 10,7M ha a 9,1M ha (-14,8%) nello stesso arco temporale. L'espansione media annua della superficie boscata è scesa da +35K ha nel 1990-2008 a +24K ha annui nel 2008-2021, indice di una riduzione dei fenomeni di ricolonizzazione. Tale fenomeno è ancor più evidente se si osserva l'andamento delle altre terre boscate, che rispetto al trend positivo del 1990-2008 (+276K ha), nell'ultimo periodo hanno visto ridursi la propria superficie (+40K ha).

Negli ultimi anni, gli inventari forestali tradizionali di molti Paesi si sono modificati passando dalla produzione delle sole statistiche aggregate, alla produzione integrata di mappe delle risorse forestali costruite utilizzando modelli che legano i dati rilevati a terra con i dati telerilevati come le immagini satellitari, le scansioni Laser Scanner Aeree, o i dati tridimensionali fotogrammetrici. Le mappature delle variabili forestali possono essere elaborate infatti, impiegando diversi metodi che prevedono l'integrazione di osservazioni campionarie (plot) e dati telerilevati (Corona *et al.*, 2014).

Nel corso degli anni, sono state prodotte mappe di variabili forestali (come per esempio provvigione, biomassa, stoccaggio di carbonio, area basimetrica, numero di alberi a ettaro, grado di copertura, incrementi e indicatori di diversità strutturale e compositiva) in diversi contesti forestali e regioni geografiche, fornendo risultati incoraggianti (Chirici *et al.*, 2016). Tale avanzamento scientifico ha portato molti Paesi

all'implementazione di approcci di mappature assistite dal modello nelle indagini degli inventari forestali e anche nel contesto italiano, sono state sviluppate le prime mappature di variabili forestali (Chirici *et al.*, 2020; Vangi *et al.*, 2021; Giannetti *et al.*, 2022). In particolare, per la produzione delle stime spaziali, ci si basa sul presupposto che sia possibile costruire un modello che metta in relazione le variabili forestali da mappare (ad esempio: provvigione legnosa o biomassa) e le variabili predittive disponibili per l'intera area forestale (dati satellitari, dati LiDAR, variabili cartografiche), sia attraverso approcci parametrici (quali regressione lineare multipla, regressione ponderata geograficamente), che non parametrici (ovvero k-NN, RandomForests, reti neurali, ecc.) (Barrett *et al.*, 2016; Brosofske *et al.*, 2014; Chirici *et al.*, 2016; Moser *et al.*, 2017). Tra i vari approcci di mappatura potenzialmente implementabili a scala nazionale risultano promettenti anche i risultati di Di Biase *et al.* (2022), in cui, in un'area di studio in centro Italia è stata prodotta la mappatura del volume legnoso corredata dalla mappa dell'errore di stima corrispondente sfruttando dati telerilevati con un approccio completamente basato sul disegno.

A partire dai dati rilevati in bosco nelle campagne di rilievo IFNI2025 e considerando i dati telerilevati a scala nazionale, già disponibili o che lo saranno nel prossimo futuro, saranno testati vari approcci di mappatura operativa.

3. LA CARTA FORESTALE D'ITALIA

Dopo quella realizzata dalla Milizia Forestale (1936) e tralasciando l'approfondimento forestale realizzato in scala 1:100.000 nell'ambito del progetto Corine Land Cover 2000 (Bologna *et al.*, 2004), i primi tentativi di dotare il Paese di una rinnovata cartografia forestale risalgono agli anni '80 e '90 del secolo scorso (Lalle e Marchetti, 1995). Ora, contemporaneamente alla preparazione del nuovo IFNI si stanno finalmente ultimando i lavori per la realizzazione della prima Carta Forestale d'Italia in scala 1:10.000 (CFI2020). Il primo prototipo della CFI2020 sarà implementato con riferimento temporale nominale all'anno 2020, nel rispetto della direttiva europea INSPIRE

(2007/2/EC), a una scala nominale pari a 1:10.000, in formato vettoriale, adottando il sistema di riferimento ETRS1989, realizzazione ETRF2000 in coordinate geografiche (EPSG 6706).

La CFI2020 viene realizzata con un approccio multidefinizione. Ogni poligono di bosco sarà infatti classificato: i) secondo le definizioni locali adottate dalle diverse Regioni e Province Autonome; ii) secondo la definizione internazionale FAO/FRA2000 adottata per le indagini inventariali (unità minima di 5000 m²) e iii) secondo la definizione nazionale per finalità statistiche (unità minima di 2000 m²) (D'Amico *et al.*, 2023).

Per questo primo prototipo la CFI oltre alla classificazione bosco/non-bosco riporterà una semplice indicazione sulla forma di gestione e un primo tentativo di omogeneizzazione dei sistemi di nomenclatura tipologici sviluppati dalle diverse Regioni e Province Autonome.

Per garantire la massima fruibilità della Carta sia a scala nazionale che locale, le categorie e i tipi forestali rappresentati nelle cartografie forestali regionali vengono connessi univocamente ai principali sistemi nomenclaturali disponibili a livello internazionale e nazionale, quali: le categorie inventariali, coerentemente ai dati forniti dall'Inventario Nazionale delle Foreste e dei serbatoi forestali di Carbonio; gli *European Forest Types*, sviluppati per conto dell'Agenzia Europea per l'Ambiente (Barbati *et al.*, 2006), atti a fornire una classificazione armonizzata per valutazioni a livello pan-europeo; le categorie forestali definite da Del Favero nei tre volumi sulle tipologie forestali in Italia (Del Favero 2004, 2008, 2010); le categorie forestali definite da ciascuna Regione. In questo modo, il geodatabase della CFI potrà essere utilizzato per derivare prodotti cartografici sia sulla base delle diverse definizioni di bosco, sia sulla base dei diversi sistemi di nomenclatura, garantendo contenuti intrinsecamente consistenti sia in termini topologici che semantici.

4. I PIANI FORESTALI DI INDIRIZZO TERRITORIALE

L'analisi integrata dei dati cartografici e inventariali potrà favorire largamente l'adozione degli strumenti di pianificazione auspicati dal TUFFE, che prevede che le Regioni possano predisporre Piani Forestali

di Indirizzo Territoriale (PFIT) finalizzati all'individuazione e alla valorizzazione delle risorse silvo-pastorali e al coordinamento delle attività necessarie alla loro tutela e gestione attiva. Con il Decreto Interministeriale n. 563765 del 28/10/2021 sono stati definiti i criteri minimi nazionali per l'elaborazione dei PFIT. Si tratta di quegli strumenti di area vasta che possono contribuire alla definizione degli assetti migliori delle risorse forestali, soprattutto in termini di adattamento ai cambiamenti e alla crisi climatica (e relativa prevenzione dei disturbi e coordinamento con i piani di difesa, Anti Incendi Boschivi ad esempio) e quantificazione del ruolo di mitigatori della stessa che i serbatoi forestali svolgono, oltre ad essere strumenti primari di progettazione degli interventi di difesa della biodiversità e delle relazioni con il mondo agricolo e zootecnico.

Appare evidente che i nuovi strumenti di monitoraggio costituiti dal nuovo IFNI e dalla CFI2020 potranno essere particolarmente utili per tali attività e in particolare per ripartire le superfici silvo-pastorali in aree omogenee per destinazione d'uso. Il PFIT dovrà infatti indicare, tra le altre cose: l'indirizzo di gestione, espresso in termini di funzioni prevalenti; gli interventi strutturali e infrastrutturali; le forme di governo e di trattamento più idonee alla tutela e alla valorizzazione dei boschi. Il Decreto Interministeriale n. 563765 elenca gli allegati cartografici minimi di cui deve essere corredato il PFIT, da realizzare secondo le norme tecniche riportate nel Decreto Dipartimentale del MASAF n. 64807 del 9/2/2023.

Allo stato attuale in 11 Regioni, già prima dei decreti citati, sono stati compilati numerosi PFIT, alcuni a titolo sperimentale, in altri casi su tutta la superficie regionale a seguito di normative locali. Sulla scorta delle esperienze maturate, degli elementi di orientamento pubblicati e del supporto economico del MASAF, le Regioni stanno recependo i dettati del TUFF e specificando le proprie linee guida, per un quadro complessivo si rimanda a Bruschini (2023). L'opportunità dei PFIT, così come recepita dagli strumenti regionali, è sia di natura organizzativa, per ottimizzare le risorse, sia di natura procedurale, in quanto strumenti di indirizzo ma anche di semplificazione delle procedure di approvazione e applicazione dei PGF subordinati. La novità introdotta da questo livello è il riconoscimento e l'armonizzazione della valenza

trasversale del contenuto forestale rispetto alle altre forme di pianificazione altrettanto cogenti (paesaggio, assetto idrogeologico, viabilità, ecc.) per trovare indirizzi comuni in un ambito caratterizzato da una notevole pluralità di competenze.

A individuare la trasversalità del settore è il comma 8 del D.M. citato, ove riporta: - *Il PFIT individua le funzioni prevalenti es. protezione, conservazione natura e biodiversità, produttiva, sociale culturale, l'adattamento ai cambiamenti climatici, individua le aree utilizzabili per creare o potenziare i corridoi ecologici.* A tale proposito è evidente che le nuove metodologie di rilievo su ampia scala (ad es. coperture LIDAR aeree e terrestri) e i citati strumenti conoscitivi potranno costituire la base per la pianificazione, segnatamente la Carte Forestale d'Italia.

5. CONCLUSIONI

I nuovi strumenti di monitoraggio e pianificazione forestale assumono un ruolo strategico non solamente nel supportare i decisori a livello nazionale nelle scelte programmatiche, e locale per inserire più cultura nella progettazione degli interventi in bosco, che troppe volte è lasciata in mano alle imprese boschive anziché a tecnici forestali; ma serviranno anche per supportare la pianificazione forestale a varia scala di dettaglio, a rivedere la normativa locale di Regioni e Province Autonome, con minimi comuni denominatori su temi di rilievo nazionali e in grado di recepire le mutate esigenze e le innovazioni portate dalla ricerca e dalla sperimentazione; e infine nel controllo, i cui organi preposti avranno strumenti aggiornati di formazione e potranno prediligere forme preventive di accompagnamento degli addetti ai lavori ad approcci di tipo principalmente repressivo. Il nuovo inventario permetterà di produrre informazioni quantitative importanti su cui lavorare per incrementare la tutela e resilienza dei boschi italiani e la loro capacità di fornire utilità materiali e immateriali; la carta forestale potrà ben localizzare queste utilità e valori esistenti.

Il nuovo programma inventariale e la nuova carta forestale presentano significative novità volte all'ammodernamento e al miglioramento dei prodotti forniti, volendo conciliare innovatività e mantenimento

delle buone pratiche e delle esperienze maturate nel passato e localmente nelle Regioni e Province Autonome.

Le principali novità in questo quadro riguardano l'adozione di un inventario permanente da realizzarsi ogni anno con campionamento a due fasi che si arricchisce di nuovi attributi per la stima di indicatori di diversità compositiva e strutturale. Essenziale il ruolo del telerilevamento che permette non solo la realizzazione della prima CFI ma anche la produzione di cartografie di diverse variabili rilevate in campo inventariale.

Questi nuovi prodotti, assieme ai numerosi indicatori forniti attraverso il SinFor del MASAF e il SIM del MASE permetteranno di meglio supportare le attività inerenti la realizzazione dei nuovi Piani di Indirizzo Territoriale.

BIBLIOGRAFIA

- Barbati A., Corona P., Marchetti M., 2006 - *European Forest Types Categories and types for sustainable forest management reporting and policy*. Copenhagen: European Environment Agency, 9: 111, ISBN: 92-9167-886-4
- Barrett F., McRoberts R.E., Tomppo E., Cienciala E., Waser L.T., 2016 - *A questionnaire-based review of the operational use of remotely sensed data by national forest inventories*. Remote Sensing of Environment, 174: 279-289. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.08.029>
- Bologna S., Chirici G., Corona P., Marchetti M., Pugliese A. et al., 2004 - *Sviluppo e implementazione del IV livello Corine Land Cover 2000 per i territori boscati e ambienti semi-naturali in Italia*. In: Geomatica: Standardizzazione, interoperabilità e nuove tecnologie, Atti 8ª Conferenza ASITA, 14-17 dicembre, Roma, vol. 1: 467-472, ISBN: 88-900943-6-2
- Brosofske K.D., Froese R.E., Falkowski M.J., Banskota A., 2014 - *A review of methods for mapping and prediction of inventory attributes for operational forest management*. Forest Science, 60 (4): 733-756. <https://doi.org/10.5849/forsci.12-134>
- Bruschini S., 2023 - *PFIT: una nuova stagione della pianificazione*. Sherwood 15-17.
- Chirici G., 2020 - *Una nuova era nell'uso del telerilevamento a supporto della pianificazione sostenibile del territorio: Big Data e intelligenza artificiale a portata di mano*. Contesti, Città, territori, progetti, p. 14-35. <https://doi.org/10.13128/contest-11988>

- Chirici G., Mura M., McInerney D., Py N., Tomppo E. O. et al., 2016 - *A meta-analysis and review of the literature on the k-Nearest Neighbors technique for forestry applications that use remotely sensed data*. Remote Sensing of Environment, 176: 282-294. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.02.001>
- Chirici G., Giannetti F., McRoberts R.E., Travaglini D., Pecchi M. et al., 2020 - *Wall-to-wall spatial prediction of growing stock volume based on Italian National Forest Inventory plots and remotely sensed data*. Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf., 84: 101959. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2019.101959>
- Corona P., Fattorini L., Franceschi S., Chirici G., Maselli F. et al., 2014 - *Mapping by spatial predictors exploiting remotely sensed and ground data: A comparative design-based perspective*. Remote sensing of Environment, 152: 29-37. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.05.011>
- D'Amico G., Chirici G., Corona P., Romano R., Di Domenico G. et al., 2023 - *Differenze locali e prospettive globali per le foreste italiane: la definizione di bosco nel prossimo Sistema Informativo Forestale Nazionale*. L'Italia Forestale e Montana, 78 (1): 15-29. <https://dx.doi.org/10.36253/ifm-1094>
- Del Favero R., 2004 - *I boschi delle regioni alpine italiane: tipologia, funzionamento, selvicoltura*. CLEUP, Padova. 599 p.
- Del Favero R., 2008 - *I boschi delle regioni meridionali e insulari d'Italia : tipologia, funzionamento, selvicoltura*. CLEUP, Padova. 469 p.
- Del Favero R., 2010 - *I boschi delle regioni dell'Italia centrale: tipologia, funzionamento, selvicoltura*. CLEUP, Padova. 425 p.
- Di Biase R.M., Fattorini L., Franceschi S., Grotti M., Puletti N. et al., 2022 - *From model selection to maps: A completely design-based data-driven inference for mapping forest resources*. Environmetrics, 33 (7): e2750. <https://doi.org/10.1002/env.2750>
- Gasparini P., Di Cosmo L., Floris A., De Laurentis D., 2022 - *Italian National Forest Inventory - Methods and Results of the Third Survey: Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio - Metodi e Risultati della Terza Indagine*. Springer Tracts in Civil Engineering, 576 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-98678-0>
- Giannetti F., Chirici G., Vangi E., Corona P., Maselli F. et al., 2022 - *Wall-to-Wall Mapping of Forest Biomass and Wood Volume Increment in Italy*. Forests, 13 (12): 1989. <https://doi.org/10.3390/f13121989>
- Gorelick N., Hancher M., Dixon M., Ilyushchenko S., Thau D. et al., 2017 - *Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone*. Remote Sensing of Environment, 202: 18-27. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>
- Kraus D., Büttler R., Krumm F., Lachat T., Larrieu, L. et al., 2016 - *Catalogue of tree microhabitats - Reference field list*. Integrate + Technical Paper, 16 p.

- Mac Dicken K.G., Sola P., Hall J.E., Sabogal C., Tadoum M., de Wasseige C., 2015 - *Global progress toward sustainable forest management*. *Forest Ecology and Management*, 352: 47-56. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.02.005>
- Lalle A., Marchetti M., 1995 - *Integrazione di tecniche di telerilevamento per la realizzazione della Carta Forestale d'Italia*. In: *Il telerilevamento per lo studio e la pianificazione forestale*, Atti del Convegno AIT Bressanone, 1-2 dicembre, 1994, *Quaderno Tecnico*, n. 4: 135-146.
- McRoberts R.E., Tomppo E.O., 2007 - *Remote sensing support for national forest inventories*. *Remote Sensing Environment*, 110: 412-419. <https://doi.org/10.1016/J.RSE.2006.09.034>
- Moser P., Vibrans A.C., McRoberts R.E., Naesset E., Gobakken T. *et al.*, 2017 - *Methods for variable selection in LiDAR-assisted forest inventories*. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 90 (1): 112-124. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpw041>
- Parisi F., Morandini V., De Santis E., Coccozza C., Chirici *et al.*, 2021 - *Coleotteri del legno e microhabitat forestali nei boschi misti di abete bianco e faggio della Riserva di Vallombrosa*. *L'Italia Forestale e Montana*, 76 (6): 315-329. <https://dx.doi.org/10.4129/ifm.2021.6.02>
- Vangi E., D'Amico G., Francini S., Giannetti F., Lasserre B. *et al.*, 2021 - *The effect of forest mask quality in the wall-to-wall estimation of growing stock volume*. *Remote Sensing*, 13 (5): 1038. <https://doi.org/10.3390/rs13051038>
- White J.C., Coops N.C., Wulder M.A., Vastaranta M., Hilker T. *et al.*, - 2016 - *Remote Sensing Technologies for Enhancing Forest Inventories: A Review*. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 42 (5): 619-641. <https://doi.org/10.1080/07038992.2016.1207484>

Dalla ricerca alla governance degli incendi boschivi in Italia

1. ASPETTI STORICI E SCOPO DEL LAVORO

Nel IV Congresso Nazionale di Selvicoltura del 2018, tra i numerosi argomenti, si trattò degli incendi boschivi. A questo riguardo, si sottolineò l'opportunità di cambiare il sistema di governance incendi in Italia aumentando la sinergia fra le attività di previsione, prevenzione e lotta attiva attraverso la pianificazione integrata del territorio. Il presente lavoro intende discutere i cambiamenti nel sistema di governance degli incendi in Italia avvenuti dal 2018 e come la ricerca italiana abbia avuto un ruolo importante nel fornire indirizzi per le strategie di previsione, prevenzione e lotta attiva agli incendi.

Per questo scopo si ritiene utile ricordare i punti salienti dell'evoluzione storica della materia antincendi boschivi che in Italia vanta un'esperienza di circa cento anni. Infatti, le attuali conoscenze e la organizzazione della governance incendi a scala regionale e nazionale derivano dalla storia e dai passi susseguitisi nel tempo. Già nel 1926,

Davide Ascoli: Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari, Università di Torino.

Valentina Bacciu: Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto per la BioEconomia, Sassari; Centro EuroMediterraneo sui Cambiamenti Climatici, Divisione IAFES, Sassari.

Anna Barbati: Dipartimento per la Innovazione nei Sistemi Biologici, Agroalimentari e Forestali, Università della Tuscia (Viterbo).

Giovanni Bovio: Già Professore Ordinario nell'Università di Torino.

Donatella Spano: Centro EuroMediterraneo sui Cambiamenti Climatici, Divisione IAFES, Sassari.

in occasione del “Convegno internazionale di selvicoltura” di Roma, si evidenziò il problema degli incendi boschivi la cui gestione all’epoca veniva disciplinata dalla Legge 3267/1923 “Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani”. Anche se alcune disposizioni per il contrasto degli incendi venivano indicate dalle “Prescrizioni di massima di polizia forestale” previste dalla Legge 3267/1923, non si disponeva di una normativa specifica dedicata all’argomento. Successivamente, nel 1967, con il convegno di Bergamo “L’incremento del patrimonio forestale e la sua difesa dal fuoco” si sottolineò come il problema da affrontare fosse eminentemente forestale e che la sua soluzione dovesse basarsi sulla prevenzione selvicolturale più che sull’estinzione.

Tuttavia, solo con la Legge 47/75 “Norme integrative per la difesa dei boschi dagli incendi” si poté affrontare in generale l’argomento. In particolare, l’Art. 1 prevedeva che fossero disposti appositi piani, da revisionare periodicamente, finalizzati alla difesa e alla conservazione del patrimonio boschivo. Si riteneva che il problema dovesse essere affrontato tempestivamente. Infatti, si stabiliva che i piani dovessero essere realizzati entro 180 gg. dall’entrata in vigore della L. 47/75. Il servizio di estinzione era affidato al Corpo Forestale dello Stato (CFS) attraverso la formazione di gruppi meccanizzati di alta specializzazione e pronto intervento. Si prevedeva anche la formazione dei Volontari antincendi boschivi. Si trattava inoltre la prevenzione sotto vari aspetti e la ricostituzione dei boschi danneggiati dal fuoco. Si fornivano indicazioni sulla previsione dello stato di pericolosità, strumento assai utile per allertare i servizi di avvistamento e di estinzione. L’attenzione alla pericolosità, prevista dalla Legge, stimolava non solo l’operatività ma anche l’attività scientifica necessaria per mettere a punto metodi di previsione del pericolo. Ne è un esempio l’applicazione del metodo australiano che, con le opportune modifiche, veniva adottato dal CFS. I risultati della previsione erano attendibili per gli incendi nelle condizioni meteo estive, ma non altrettanto valide per gli eventi invernali, soprattutto in ambiente alpino. Questa carenza stimolò ricerche che ottennero la messa a punto del metodo IREPI (Indice di Riduzione Evapotraspirazionale di Pericolo di Incendio) basato su un bilancio idrico (Bovio *et al.*, 1984) adatto per territori con maggiore frequenza

invernale di incendio. Numerose ricerche, prevalentemente condotte con finanziamenti europei, approfondirono il confronto tra i vari metodi di previsione (Marcozzi *et al.*, 1994; Viegas *et al.*, 1994; Bovio e Camia, 1997) ed evidenziarono l'affidabilità del metodo canadese ancora oggi in uso. Una buona previsione del pericolo divenne con il tempo sempre più importante non solo per preallarmare i servizi ma anche per applicare il fuoco prescritto, tecnica di prevenzione efficace, di non semplice applicazione e spesso non completamente compresa nella sua utilità (Bovio e Ascoli, 2013).

Dalle indicazioni espresse si evidenzia come la L. 47/75 abbia rappresentato il primo passo per una governance degli incendi dove le attività di previsione, prevenzione ed estinzione risultavano integrate. Alla fine degli anni '70, l'estinzione era attuata dai servizi strutturali, coadiuvati dalle organizzazioni di volontariato. Si diffusero moduli auto-trasportati con motore-pompa-naspo-serbatoio per fare l'attacco diretto al fronte di fiamma. Queste attrezzature, che sostituirono quelle manuali, dovevano essere facilmente trasportabili. Pertanto, i serbatoi normalmente non superavano i 500 litri per essere compatibili con mezzi adatti a transitare su strade forestali. Le autobotti pesanti, di maggiore capacità, si dimostrarono inefficaci per la difficoltà di raggiungere il bosco e furono destinate solo alle zone in cui si dovevano presidiare insediamenti abitativi. Successivamente si ricorse agli elicotteri, prevalentemente gestiti dalle Regioni, sia per il trasporto di persone sia per l'attacco diretto al fronte di fiamma con lanci di acqua trasportata in serbatoi, sia integrati sia al gancio baricentrico. Si ricorse poi ad aeromobili ad ala fissa, dapprima ai C130 ed ai G222 dell'aeronautica militare e successivamente ai Canadair, inizialmente affidati al CFS, poi con varie modalità di gestione fino a quelle attuali.

Con il miglioramento del Servizio Anti Incendi Boschivi (AIB) e soprattutto con la previsione del pericolo meteorologico, emerse la possibilità di aumentare la tempestività di intervento su focolai in fase iniziale segnalandone posizione e potenzialità di sviluppo tramite l'avvistamento. Questo doveva intensificarsi in corrispondenza di elevata frequenza di incendi. Si organizzò l'osservazione con aeromobili leggeri che transitavano in zone con alta probabilità di innesco; tuttavia, questa modalità di avvistamento non si diffuse molto. Si affermarono

maggiormente sistemi per trasmettere immagini collocati in punti panoramici. In Piemonte, nel 1979 venne realizzato il primo impianto basato su telecamere con immagini del campo visibile che permettevano l'osservazione da remoto di una vasta area. Un perfezionamento fu ottenuto successivamente con l'applicazione di sensori all'infrarosso che potevano essere abbinati o sostituire le tradizionali telecamere. In tale modo si potevano individuare focolai iniziali in funzione delle emanazioni infrarosse dei corpi caldi. Furono anche realizzati impianti di avvistamento dotati di appositi modelli per la simulazione del propagarsi dell'eventuale incendio. Si trattava tuttavia di strutture complesse la cui utilità non appariva proporzionale ai costi e che successivamente non vennero più usate.

Si prevedeva anche di ripristinare la copertura forestale danneggiata dal fuoco con interventi selvicolturali. Questi avevano anche valenza di prevenzione per eventuali successivi incendi, evidenziando come si ritenesse opportuno equilibrare prevenzione, estinzione e ricostituzione, nella convinzione che nessuna delle tre potesse da sola essere risolutiva.

Questa impostazione stimolava la nascita di numerose attività operative e di ricerca necessarie per organizzare e raggiungere conoscenze non ancora disponibili. La L. 47/75 segnò l'avviamento della governance incendi a livello nazionale, pur presentando ancora alcune carenze. Tutte le attività descritte si trasformarono nel tempo con evoluzioni varie. Con il D.P.R. 616/1977 le funzioni amministrative in materia di agricoltura e foreste vennero trasferite alle Regioni che promulgarono specifiche leggi in materia antincendi.

A livello nazionale, la materia fu rivisitata con la L. 353/2000 "Legge quadro in materia di incendi boschivi" che superò alcune carenze della L. 47/75, sia nelle leggi regionali, come la definizione di incendio boschivo. Questa Legge quadro, confermò che le Regioni approvassero il piano regionale contro gli incendi boschivi (Piano AIB) che con la progressiva esperienza divenne via via più evoluto. Infatti, prima della L. 353/2000 generalmente si seguiva il criterio di pianificazione del *Fire control*, che non faceva distinzione di gravità tra i vari incendi e che ipotizzava di estinguerli sempre con ogni possibile mezzo. In seguito, apposite ricerche scientifiche hanno evidenziato che l'impatto di un incendio varia con la sua severità e con la vulnerabilità della

copertura forestale (Bovio e Camia, 2004; Bovio *et al.*, 2004). Inoltre, un limitato numero di piccoli incendi, non dannosi, può essere considerato fisiologico per un determinato territorio. Pertanto, si affermò il criterio della “Superficie percorsa ammissibile annua” definita quantitativamente. In tale modo si ipotizza di non affrontare tutti gli incendi nello stesso modo ma di modulare gli interventi in rapporto alle effettive condizioni di vulnerabilità del bosco. Il piano ha l’obiettivo di non superare una soglia ammissibile di superficie percorsa dal fuoco annuale. Questa impostazione nota come *Fire management* ha progressivamente sostituito la precedente impostazione del *Fire control* (Bovio e Marchi, 2010). Inoltre, nell’evoluzione dei piani si è data sempre più importanza a prevenire e fronteggiare gli incendi estremi che superando un valore critico di intensità (Bovio, 2019) non sono affrontabili con nessun mezzo di estinzione. Tuttavia, per poter conferire al Piano AIB la capacità di descrivere la vulnerabilità delle differenti aree del territorio e della potenzialità di sviluppo di incendi estremi è necessaria una specifica analisi. Questo argomento è stato affrontato in dettaglio per la pianificazione antincendio dei parchi nazionali (Bertani e Bovio, 2020).

Queste analisi comportano un lavoro impegnativo, che talvolta si preferisce evitare, come si osserva in alcuni piani in cui l’obiettivo viene solo indicato in modo descrittivo e non quantitativo. Questa erronea tendenza si è rafforzata a seguito del D.Lgs. 177/2016 con cui il CFS è stato assorbito dall’Arma dei Carabinieri, e che ha attribuito al Corpo nazionale dei Vigili del Fuoco la lotta attiva contro gli incendi boschivi. Infatti, come conseguenza di queste disposizioni si tende a dare sempre maggiore importanza all’estinzione, influenzando così anche la pianificazione che si sofferma meno sulle analisi necessarie per la prevenzione. Questa tendenza non è cambiata neppure a seguito della L. 155/2021 “Disposizioni per il contrasto agli incendi boschivi e altre misure urgenti di protezione civile” che ha destinato risorse quasi esclusivamente per l’estinzione. Tuttavia, questa Legge ha anche trattato aspetti indubbiamente positivi che verranno trattati nel prossimo paragrafo (es. introduzione della definizione di fuoco prescritto, controfuoco e interfaccia urbano-rurale).

Considerato il quadro storico, l’obiettivo del presente lavoro è discutere l’evoluzione della materia incendi nel recente passato. Si vo-

gliono evidenziare gli aspetti di rilievo sia di ricerca sia operativi emersi dal IV Congresso Nazionale di Selvicoltura del 2018. Si evidenzieranno i recenti sviluppi, le migliori ricerche pubblicate, gli strumenti di governance adottati o in fase di sviluppo nelle diverse Regioni italiane e a livello nazionale, portando all'attenzione del lettore le buone pratiche e alcuni modelli di governo integrato degli incendi. In secondo luogo, a partire dalla più recente letteratura su cambiamenti climatici, incendi boschivi e adattamento, si evidenzieranno gli scenari attesi per l'Italia e i principali impatti sugli incendi boschivi in corrispondenza di diversi possibili livelli di riscaldamento globale e, in un quadro di gestione integrata, si presenteranno i più recenti avanzamenti in termini di studi e approcci, da quelli modellistici a quelli partecipativi.

2. DALLA RICERCA ALLA GOVERNANCE

In Italia, gli incendi percorrono mediamente 107.000 ettari di territorio ogni anno e rappresentano uno dei principali pericoli con impatti sulla nostra società (Elia *et al.*, 2020; Scarpa *et al.*, 2024). Nonostante una riduzione della superficie bruciata nel decennio passato, le annate climatiche estreme continuano a generare incendi di grandi dimensioni, con impatti significativi (Elia *et al.*, 2022; Spadoni *et al.*, 2023). Negli ultimi decenni, le complesse interazioni fra cambiamenti socioeconomici e di uso del suolo nei territori rurali italiani, uso del fuoco in ambito agro-silvo-pastorale (Lovreglio *et al.*, 2010) e aumento nella frequenza di estremi meteorologici (es. siccità, ondate di calore), hanno determinato un regime di incendi caratterizzato da una forte concentrazione della superficie bruciata in anni a meteorologia estrema (Ascoli *et al.*, 2021; Salis *et al.*, 2022). In questi anni la magnitudo del processo supera la capacità di estinzione dei sistemi di lotta attiva regionali, con impatti più che proporzionali sulla popolazione e la funzionalità degli ecosistemi (De Ferrari, 2020; Nolè *et al.*, 2022; Scarpa *et al.*, 2024). Questa situazione ha spesso portato a politiche di gestione emergenziale, trascurando l'importanza di strategie di governo del territorio per la creazione di paesaggi resilienti agli incendi (Kirshner *et al.*, 2024).

Per trovare soluzioni a questo problema la ricerca italiana negli ultimi 5 anni ha investito risorse per testare modelli di governo integrato degli incendi basati sulla pianificazione strategica della prevenzione a scala territoriale, perfezionare le tecniche di riduzione della infiammabilità a supporto della lotta attiva all'interno di infrastrutture difensive (es. viale tagliafuoco), o per meglio comprendere le dinamiche ecologiche post-incendio a supporto della ricostituzione e della funzionalità dei sistemi forestali (Bacciu *et al.*, 2022; Ascoli *et al.*, 2023; Kirshner *et al.*, 2024).

In riferimento all'area tematica della prevenzione a scala territoriale, un consistente filone di ricerca ha interessato l'impiego di approcci modellistici basati sul *Machine Learning* per la mappatura della suscettibilità del territorio agli incendi a scala nazionale (Elia *et al.*, 2020; Cilli *et al.*, 2022; Trucchia *et al.*, 2022) o regionale, es. in Liguria (Tonini *et al.*, 2020), con risoluzione spaziale variabile tra 100 m e 2 km. Altri approcci statistici basati su modelli binomiali hanno consentito di delimitare le aree più suscettibili agli incendi in Sardegna e Puglia (D'Este *et al.*, 2020). Studi condotti a scala regionale in Sardegna, tramite strumenti di simulazione della propagazione degli incendi, hanno prodotto mappe di esposizione del territorio e delle infrastrutture agli incendi, in funzione di condizioni bioclimatiche, di uso del suolo e di variabili meteo quale direzione e intensità dei venti dominanti (Salis *et al.*, 2021). Ricerche condotte in sette isole mediterranee, tra cui Sardegna e Sicilia, ad alta attrattività turistica, basate sulla metodologia di valutazione *impact value chain* hanno contribuito a evidenziare differenze tra i settori socio-economici o fasce di popolazione nell'esposizione agli impatti conseguenti agli incendi nello scenario attuale e futuro dei cambiamenti climatici nonché indicatori della capacità di adattamento, inclusi indicatori di pianificazione AIB (Bacciu *et al.*, 2021).

Un altro filone di studi interessa le aree di interfaccia urbano-rurali. Alla luce di analisi di serie storica, entro 200 metri dalle aree edificate si concentrano quasi il 50% degli incendi e più di due terzi degli incendi ricorrenti (Mancini *et al.*, 2018a). Modelli di previsione della probabilità d'insacco sviluppati per la Regione Puglia, indicano come l'insorgenza e la frequenza degli incendi siano significativamente influenzati dalla densità di popolazione, dalla presenza di centri urbani con probabilità più elevate lungo la costa nelle aree di interfaccia

urbano-rurali caratterizzate dalla presenza di arbusteti e macchia mediterranea (Elia *et al.*, 2019). Secondo una recente mappatura a scala nazionale delle aree di interfaccia urbano-rurali, più della metà del territorio nazionale è interessato da aree di interfaccia, prevalentemente con aree edificate a tessuto aggregato o sparso, piuttosto che edifici isolati (D'Este *et al.*, 2021).

Nell'ottica di una pianificazione degli interventi di prevenzione e di una loro ottimizzazione, ricerche condotte tramite strumenti di simulazione in casi di studio in Sardegna, hanno consentito di individuare strategie per la riduzione del pericolo incendi attraverso la gestione della biomassa infiammabile in contesti territoriali caratterizzati da un uso agro-pastorale (Salis *et al.*, 2018): interventi in prossimità della rete stradale risultano più efficienti nel limitare la propagazione incendi, soprattutto in presenza di velocità del vento elevate, mentre unità di trattamento di dimensioni maggiori sono più efficaci nel contenere lo sviluppo degli incendi.

Alcuni studi dimostrano infine su basi quantitative quanto il tema della prevenzione incendi non possa essere affrontato attraverso politiche settoriali, ma richieda invece modelli di governo integrato degli incendi. In particolare, è stata dimostrata una stretta associazione tra contesti economicamente svantaggiati (disoccupazione persistente, povertà, disuguaglianze sociali e invecchiamento della popolazione) e la frequenza degli incendi, nonché una correlazione tra omogeneizzazione della struttura del mosaico paesistico e dimensione media delle superfici percorse (Mancini *et al.*, 2018b). In particolare, gli incendi di grande dimensione (>500 ha) tendono selettivamente a verificarsi in aree caratterizzate da fenomeni di espansione del bosco in terreni abbandonati, mentre gli incendi ricorrenti tendono a verificarsi in aree con una maggiore transizione da pascoli e praterie abbandonate verso arbusteti (Ascoli *et al.*, 2021). Alcuni studi hanno inoltre mostrato un disaccoppiamento a scala comunale tra “fabbisogno” di prevenzione e spesa PSR per misure a effetto diretto (interventi AIB) e indiretto (investimenti che contribuiscono a contrastare le cause specifiche dell'abbandono delle attività agricole) sulla mitigazione del rischio incendi (Colonico *et al.*, 2022). In questo senso, è auspicabile un rafforzamento del legame tra spesa PSR e pianificazione AIB, come già avviene per

le misure dirette di prevenzione AIB, collegate al rischio di incendio stabilito in base ai piani di prevenzione regionale. Ciò può avvenire introducendo criteri di premialità anche per tutte le misure del PSR in grado di ridurre l'impatto dell'abbandono dei territori rurali e mantenere un mosaico agro-forestale nei territori a rischio o attraverso l'introduzione di bandi multi-misura che prevedano, tra le varie finalità, la riduzione del rischio incendio in specifici territori caratterizzati da livelli elevati di rischio di incendio.

Di pari passo, le idee per un rinnovato approccio alla governance degli incendi sono confluite nella Strategia Forestale Nazionale, nei decreti interministeriali di attuazione del Testo Unico Forestale (es. D. Inter. n. 563765 - Criteri minimi dei PFIT), e nell'aggiornamento della normativa sugli incendi boschivi (es. L. 155/2021) con l'introduzione del Comitato Tecnico e del Piano Nazionale Incendi Boschivi.

La Strategia Forestale Nazionale (SFN) riconosce la complessità del fenomeno, promuove politiche integrate per affrontarlo e mira a integrare misure di prevenzione incendi con altre strategie di pianificazione territoriale e forestale (Ascoli *et al.*, 2022). La SFN propone il coordinamento delle istituzioni competenti per supportare l'integrazione delle misure di prevenzione e mitigazione del rischio incendi. La frammentazione delle competenze e dei servizi rende infatti difficile il coordinamento delle azioni di prevenzione e lotta agli incendi. Per affrontare questo aspetto, a novembre 2021 è stata emanata la L. 155, di conversione, con modificazioni, del D.L. 120, recante disposizioni per il contrasto degli incendi boschivi. Questa Legge ha introdotto un "Comitato tecnico" (Art. 1, c. 2), costituito con decreto del Capo Dipartimento di Protezione civile, composto da rappresentanti del sistema di governo incendi in Italia (Regioni, Comuni, Ministeri competenti, Vigili del Fuoco, Carabinieri Forestali). Il Comitato fa una ricognizione ogni 3 anni delle esigenze di aggiornamento tecnologico e accrescimento della capacità operativa delle Regioni (Art. 1, c. 1). Inoltre, acquisisce le revisioni annuali dei piani di previsione, prevenzione e lotta (Art. 3, Legge 353/2000), ne fa una lettura sinottica ed esprime un parere non vincolante (Art. 4, c. 1). Altro aspetto di interesse introdotto dalla L. 155/2021 è il "Piano nazionale di coordinamento per l'aggiornamento tecnologico e l'accrescimento operativo"

(Piano nazionale) (Art. 1, c. 3), approvato con decreto Presidente del Consiglio, previa intesa in sede di Conferenza unificata (Stato-Regioni), redatto in base alla ricognizione del Comitato Tecnico.

Sia la SFN che la L. 155/2021 hanno stabilito obiettivi per migliorare la raccolta e l'analisi dei dati sugli incendi e promuovere interventi di prevenzione attiva. Nella Sotto-Azione 2.5 della SFN si affronta il tema delle "Statistiche e Catasto incendi", considerato strategico per il governo degli incendi boschivi. Vengono stabiliti gli obiettivi da raggiungere in 5 anni per migliorare la raccolta, analisi e diffusione dei dati sugli incendi in Italia. Fra questi, la definizione di aspetti tecnici e procedurali univoci in tutte le Regioni per delimitare la superficie percorsa dai singoli eventi e restituirla in modo omogeneo tramite un sistema nazionale di cartografia georiferita e relativa banca dati degli incendi boschivi accessibile a tutti da remoto. A seguito della L. 155/2021, in risposta alla Strategia Forestale Nazionale, i Carabinieri Forestali hanno creato il Geoportale Incendi Boschivi in cui si possono consultare i dati tabellari delle superfici percorse nelle Regioni a statuto ordinario a partire dal 2021, e visualizzare i relativi perimetri incendi su un webgis.

Infine, la SFN definisce come prioritario il finanziamento della pianificazione e realizzazione di interventi preventivi nelle aree più suscettibili agli incendi. La pianificazione integrata a livello regionale e nazionale è considerata fondamentale per affrontare efficacemente il problema degli incendi. In Italia, la pianificazione antincendi boschivi (AIB) viene realizzata a diverse scale. Le Regioni e le Province Autonome, competenti per il governo incendi all'interno dei propri confini amministrativi, predispongono il Piano di Previsione Prevenzione e Lotta Attiva agli incendi boschivi (Art. 3, L. 353/2000), che definisce l'organizzazione del sistema di governo incendi e gli obiettivi strategici di mitigazione degli impatti. Fondamentale è l'analisi del rischio, che identifica le aree più vulnerabili. A scala sotto-regionale, l'art. 8 della L. 353/2000 introduce i Piani AIB dei parchi nazionali, allegati al Piano AIB regionale. Tuttavia, entrambi i piani non dettagliano la distribuzione degli interventi strutturali per la prevenzione degli incendi. Per favorire la pianificazione strategica delle infrastrutture a supporto della lotta attiva, alcune Regioni stanno sviluppando piani a scala territoria-

le. In Regione Toscana, a partire dal 2018 sono stati introdotti i Piani Specifici di Prevenzione AIB (Cacciatore *et al.*, 2020). Finora, sono stati elaborati venti di questi piani per le aree caratterizzate da un alto rischio di incendi boschivi e una notevole presenza di infrastrutture e persone. L'obiettivo principale di tali piani è individuare Punti Strategici dove attuare interventi di riduzione del pericolo incendi attraverso la gestione della biomassa infiammabile. Tali interventi devono essere pianificati per ottimizzarne l'efficacia in relazione alla superficie potenzialmente trattabile, ai costi e ad altri fattori come le condizioni meteorologiche locali, i venti dominanti, il comportamento degli incendi passati e gli indici di pericolo meteorologico, oltre al tipo di combustibile presente. I Piani Specifici adottano azioni preventive con tre obiettivi chiave: operativo (contenere gli incendi entro la capacità di soppressione regionale), protezione (ridurre il rischio nelle aree di confine tra abitazioni e boschi) e presidio (rafforzare attività economiche sostenibili nelle zone marginali per ridurre il pericolo di grandi incendi). Il conseguimento di tali obiettivi richiede la pianificazione e l'attuazione di interventi di selvicoltura preventiva, fuoco prescritto e pascolo lungo le infrastrutture preventive e per proteggere le aree di interfaccia tra aree urbane e rurali, al fine di preparare progressivamente il territorio a fronteggiare gli incendi. La Regione Toscana ha avviato la registrazione degli interventi suddivisi per tipologia tramite la propria banca dati, con l'obiettivo di creare una rete infrastrutturale di opere preventive e pianificare la loro manutenzione nel tempo.

In altre Regioni, la pianificazione della prevenzione su scala territoriale è stata integrata nei Piani Forestali di Indirizzo Territoriale (PFIT) (Ascoli *et al.*, 2022). Il Decreto Interministeriale n. 563765 del 28/10/2021, che stabilisce i criteri minimi dei PFIT, prevede che essi recepiscano e coordinino gli indirizzi dei Piani AIB regionali e dei Piani AIB dei Parchi Nazionali (Art. 8, L. 353/2000). Inoltre, per ogni area omogenea, i PFIT individuano gli indirizzi gestionali e le priorità per la protezione diretta e la prevenzione degli incendi (c. 8c). Al fine di includere la pianificazione della prevenzione incendi nei PFIT, alcune Regioni come la Lombardia e il Piemonte hanno delineato linee guida. Queste prevedono la valutazione della pericolosità e del rischio incendi, l'analisi degli incendi storici e potenziali, nonché l'individua-

zione di zone di prevenzione e la pianificazione degli interventi. Gli interventi di prevenzione definiti dai piani territoriali sono dettagliati tramite progetti esecutivi e finanziati attraverso diversi fondi, dall'ambito dello sviluppo rurale alla conservazione degli habitat (Ascoli *et al.*, 2023). Il Programma di Sviluppo Rurale 2014-2020 ha visto notevoli investimenti per interventi preventivi strutturali, come viali tagliafuoco verdi e fuoco prescritto (Colonico *et al.*, 2022). La tecnica del fuoco prescritto, introdotta a livello nazionale con modifiche legislative, è stata sperimentata e sviluppata soprattutto in Sardegna e Toscana (Ascoli e Bovio, 2013).

3. CAMBIAMENTI CLIMATICI E GOVERNANCE INCENDI

Il riscaldamento globale è ormai una realtà pervasiva con cui anche la gestione degli incendi deve fare i conti. L'Italia, come molte altre Regioni, ha registrato un aumento significativo della temperatura media annua (Spano *et al.*, 2020), della siccità e delle ondate di calore (Elia *et al.*, 2024), contribuendo a creare condizioni favorevoli agli incendi (Jones *et al.*, 2022). Le caratteristiche del clima atteso sul periodo futuro sono state recentemente analizzate dalla Fondazione Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici (CMCC) nell'ambito del progetto "G20 Climate Risk Atlas" (Spano *et al.*, 2020). Lo studio ha evidenziato, per le temperature medie, un aumento quasi uniforme sul territorio, compreso tra +1°C e +5°C a seconda delle ipotesi di scenario considerate, e per le precipitazioni scarse differenze regionali, con una generale diminuzione in estate e tendenze antitetiche in inverno (diminuzioni al sud e aumenti al nord). I cambiamenti climatici potranno esacerbare specifiche componenti del rischio di incendio (ad esempio, frequenza, dimensione e gravità). Recentemente, Spano *et al.* (2021) hanno proposto una revisione della letteratura scientifica più recente che esamina l'impatto dei cambiamenti climatici sulle future metriche degli incendi nell'Europa meridionale, in particolare in Italia. Le revisioni hanno incluso studi di proiezione (ad esempio, studi che proiettano il pericolo di incendi o l'attività degli incendi nei prossimi decenni sulla base di uno scenario di cambiamento climatico) e

studi che affrontano la comprensione e la modellazione delle relazioni clima-incendio nel contesto europeo. Alcuni studi (Moriondo *et al.*, 2006; Arca *et al.*, 2012; Bedia *et al.*, 2014a; Faggian, 2018) hanno utilizzato il sistema *Fire Weather Index* (FWI) per valutare il pericolo di incendi e la durata della stagione sulla base di scenari climatici AR4 e AR5, e indicano un aumento dal 20% al 40% entro il 2050 sulla maggior parte del territorio nazionale. Moriondo *et al.* (2006) e Bedia *et al.* (2014a) prevedono inoltre un allungamento della stagione degli incendi da 20 a 40 giorni entro la fine del secolo, attribuibile a condizioni di siccità prolungate e ondate di calore precoci che influenzano lo stato idrico della vegetazione (Pellizzaro *et al.*, 2014), aumentando la suscettibilità all'accensione e agli incendi intensi, potenzialmente portando a incendi di chioma. Altri autori (Amatulli *et al.*, 2013; Migliavacca *et al.*, 2013; Turco *et al.*, 2018) hanno invece esaminato i futuri andamenti delle aree bruciate, attraverso diversi approcci modellistici con vari gradi di complessità, suggerendo un potenziale aumento dell'area bruciata che va dal 37% al 187% per la regione euro-mediterranea entro la fine del secolo. Pochi studi in Europa, e per lo più concentrati su aree limitate, si sono occupati di simulare gli impatti dei cambiamenti climatici sulle caratteristiche degli incendi (probabilità di accensione, lunghezza della fiamma o addirittura dimensioni dell'incendio) (Arca *et al.*, 2012; Kalabokidis *et al.*, 2016; Mitsopoulos *et al.*, 2016). A livello italiano, un unico studio (Lozano *et al.*, 2016) si è concentrato su questi aspetti. I risultati mostrano come il Sud Italia e le Isole si distinguano tra le aree subnazionali analizzate per quanto riguarda l'aumento dei valori di intensità e di esposizione al rischio potenziale e la possibilità di avere grandi incendi entro la fine del secolo.

Tuttavia, come già detto sopra, il clima è uno dei fattori che determinano le complesse interazioni e retroazioni tra i fattori ambientali, ecologici e umani che influenzano il regime degli incendi e i loro impatti (Aldersley *et al.*, 2011). Pertanto, “il livello di rischio degli incendi indotto dai cambiamenti climatici dipende anche alla vulnerabilità delle comunità rispetto agli incendi e da come si evolveranno nel tempo la popolazione, la tecnologia e i modelli di gestione del territorio” (IPCC, 2019). In questo contesto, nel 2018, l'Unione Europea ha pubblicato una revisione critica delle conoscenze, metodolo-

gie e tecnologie prodotte negli ultimi due decenni per capire le nuove prospettive per la gestione del rischio di incendio boschivo di fronte ai cambiamenti climatici e ambientali, alle tendenze sociali e culturali e alle dinamiche di crescita. I risultati dell'analisi hanno posto ulteriormente l'accento sull'urgente necessità, già espressa dalla comunità degli scienziati e dei professionisti della gestione degli incendi, di cambiare il paradigma dominante (quasi totalmente basato sulla risposta all'emergenza) e di mettere in atto nuovi percorsi per lo sviluppo di politiche integrate basate su risposte sistemiche (Bacciu *et al.*, 2022; Tedim *et al.*, 2021). In più, dato il contesto dei cambiamenti globali in atto, si sottolinea e riconosce l'importanza dell'adattamento nella gestione degli incendi boschivi (e.g., Bacciu *et al.*, 2022; McWethy *et al.*, 2019; Schoennagel *et al.*, 2017), inteso come insieme di azioni che mirano a ridurre i rischi climatici e la vulnerabilità, superando i limiti della settorialità della gestione a breve termine, promuovendo l'integrazione fra discipline e individuando soluzioni e prospettive a medio-lungo termine e sostenibili. L'adattamento si esplicita attraverso l'utilizzo di dati, strumenti modellistici e approcci innovativi che consentano di analizzare il rischio di un dato territorio considerandone tutte le componenti e integrandole con la valutazione della coerenza fra le politiche che insistono su quel territorio. Spesso si tratta di soluzioni *no-regrets* (senza rimpianti), cioè meritevoli di essere perseguite indipendentemente dal percorso climatico finale, grazie ai loro molteplici co-benefici (CE, 2021).

A livello nazionale, diversi obiettivi di adattamento sono stati identificati da recenti rapporti e strategie (ad esempio, PNACC, 2023; SRACC, 2019), come la *promozione di azioni di governance* degli incendi integrate tra diversi livelli territoriali e agenzie (Cacciatore *et al.*, 2020; Bacciu *et al.*, 2022; Kirshner *et al.*, 2024). Colonico *et al.* (2022) e Spadoni *et al.* (2023) hanno verificato come le misure di governance del territorio possano influenzare i modelli di incendi boschivi in Italia e mitigare il rischio di incendi boschivi. Kirshner *et al.* (2023) hanno analizzato come le diverse procedure di governance nazionali e subnazionali interagiscono per promuovere particolari strategie di gestione del rischio, evidenziando come i fattori di governance possano ostacolare e sostenere un cambiamento di paradigma nella gestione del rischio incendi in Italia. La governance adattativa è un pilastro centrale

del quadro sistemico di gestione del rischio incendi proposto da Bacciu *et al.* (2022): per promuovere la creazione di paesaggi resilienti agli incendi sono necessari la cooperazione e il coordinamento tra le varie scale per superare la governance frammentata e a breve termine.

Sotto il grande ombrello della governance, sono inclusi diversi obiettivi e azioni specifiche. Ad esempio, la promozione del coordinamento e della convergenza fra le politiche di mitigazione del rischio incendi con le politiche ambientali e di conservazione nelle aree protette e le politiche agricole e forestali (e.g., Ascoli *et al.*, 2022); oppure l'avanzamento nel settore della bioeconomia, che offre risultati promettenti per ridurre il rischio di incendi (Verkerk *et al.*, 2018), creando al contempo nuovi modelli di business a beneficio degli agricoltori e dei proprietari forestali (Ascoli *et al.*, 2023; Marchetti e Ascoli, 2018). Ad esempio, il progetto Life Granatha nell'area del Pratomagno, in Italia centrale, ha prodotto scope biologiche con l'erica raccolta lungo le fasce antincendio gestite con il duplice obiettivo di riduzione del rischio di incendio e la conservazione degli habitat (Ascoli *et al.*, 2018). Un altro obiettivo è la promozione della pianificazione e della gestione forestale in modo integrato e sostenibile. La gestione sostenibile delle foreste può fornire benefici economici, immediati e a lungo termine alle comunità (IPCC, 2019) e sostenere un sistema verso la resilienza (Nocentini *et al.*, 2017).

A questo obiettivo si lega anche quello di promuovere, attraverso l'implementazione di *soluzioni basate sui servizi ecosistemici*, una maggiore resistenza e resilienza agli incendi attraverso la gestione del combustibile basata sui principi della selvicoltura sistemica (Bovio *et al.*, 2014) e prossima alla natura (Vacchiano *et al.*, 2020). Azioni come la riduzione del combustibile superficiale e l'interruzione della sua continuità, come il decespugliamento e i fuochi prescritti, possono mitigare l'intensità e la diffusione degli incendi. Nell'ambito del progetto H2020 FirEUrisk, sono state organizzate una serie di attività pilota legate al fuoco prescritto in varie località del Nord Ovest della Sardegna per il raggiungimento di molteplici obiettivi: migliore gestione dei territori agro-pastorali e contenimento di grandi incendi (Comune di Suni); formazione sul fuoco prescritto e messa in sicurezza di aree di interfaccia storicamente vulnerabili (Comune di Isili, Nuoro e Bonor-

va). È importante sottolineare come una gestione forestale pianificata e sostenibile permetta la convergenza di interessi diversi con effetti a cascata sulla sinergia e la cooperazione di più attori in una prospettiva multi-obiettivo (Ascoli *et al.*, 2022). Tali interventi richiedono una pianificazione a livello territoriale, integrando la prevenzione degli incendi e la pianificazione forestale e dando priorità alle aree più suscettibili di incendi estremi o di grandi dimensioni (e.g., Salis *et al.*, 2016).

Nel rispondere a tali necessità, diversi gruppi di ricerca hanno anche contribuito all'obiettivo di adattamento che mira a *promuovere e rafforzare le azioni legate alla ricerca* attraverso lo sviluppo di diversi approcci promettenti per individuare zone ad alto rischio e determinare aree prioritarie in termini di azione di prevenzione per mitigare rischi e vulnerabilità (e.g., Corona *et al.*, 2015; Elia *et al.*, 2020, 2022; Salis *et al.*, 2021, 2023; Trucchia *et al.*, 2022; Costa Saura *et al.*, 2023; Bacciu *et al.*, 2021; Sirca *et al.*, 2017). L'applicazione di metodologie basate sulla modellistica della propagazione per raggiungere gli obiettivi di cui sopra è stata, per esempio, uno degli obiettivi del progetto OFIDIA2 e del progetto MED-Star (finanziati, rispettivamente, nell'ambito dei programmi Interreg Italia-Grecia e Italia-Francia 2014-2020), che hanno visto lo sviluppo - fra l'altro - di piattaforme integrate a supporto del processo decisionale su prevenzione e monitoraggio del rischio incendi (Perello *et al.*, 2024; Mirto *et al.*, 2022; Trucchia *et al.*, 2020). Rimanendo nell'ambito della ricerca e dell'innovazione tecnologica, un enorme potenziale in termini di supporto all'adattamento e allo sviluppo sostenibile è rappresentato dai cosiddetti "servizi climatici", e in particolare dalle previsioni stagionali che, con un anticipo di tre o sei mesi, possono fornire informazioni relative alla severità o il pericolo stagionale degli incendi e fornire una stima dell'area a rischio (e.g., Costa Saura *et al.*, 2022a; Sánchez-García *et al.*, 2022; Turco *et al.*, 2019), elementi fondamentali per predisporre attività strategiche di prevenzione e di controllo del territorio, specialmente in aree di interfaccia urbano-rurale particolarmente vulnerabili. L'adattamento implica inoltre la comprensione degli effetti degli incendi su qualità dell'aria, suolo, vegetazione e fauna (Scarpa *et al.*, 2023; Ancillotto *et al.*, 2021; Castagna *et al.*, 2021; Maringer *et al.*, 2021; Memoli *et al.*, 2021) e delle dinamiche ecologiche (e.g., Vaglio Laurin *et al.*,

2018; Nolè *et al.*, 2022), specialmente in contesto di cambiamento climatico (e.g., Baudena *et al.*, 2020; Spano *et al.*, 2020; Tonarelli *et al.*, 2020), la pianificazione di interventi post-incendio (e.g., Canu *et al.*, 2022; Salis *et al.*, 2019) e la promozione del recupero dell'ecosistema e della biodiversità, fulcro delle ricerche nell'ambito del progetto FIRE-ADAPT (finanziato dal programma HORIZON-MSCA) e del Centro Nazionale per la Biodiversità (finanziato dal programma Next-Generation EU). Anche in questo ambito, sono stati recentemente sviluppati diversi approcci modellistici basati sull'integrazione di dati satellitari e dataset geospaziali in piattaforme on-line, come *Google Earth Engine* (e.g., Costa Saura *et al.*, 2022b), che permettono di individuare i cambiamenti, mappare le tendenze e quantificare le differenze nel post-incendio.

Un ulteriore obiettivo per l'adattamento risulta essere quello della *sensibilizzazione ed educazione* mirata a ridurre i rischi legati agli incendi e incoraggiare comportamenti responsabili, in particolare nelle aree rurali o di interfaccia foresta-urbano, ma anche quello della *promozione di processi partecipativi* che, attraverso il coinvolgimento dei portatori di interesse e delle istituzioni, facilitino la coprogettazione di comunità resilienti e capaci di adattarsi ai cambiamenti del regime degli incendi. Negli ultimi anni, questo genere di esperienze si sono moltiplicate in Italia specialmente nell'ambito di progetti finanziati da programmi Interreg o LIFE. Per esempio, nell'ambito del progetto INTERMED (finanziato dal Programma Interreg Italia-Francia Marittimo 2014-2020) la Toscana ha visto nascere le prime comunità *firewise* (autoprotezione dagli incendi), definendone le linee di indirizzo e le modalità con le quali pubblico, privato ed associazioni di volontariato possono coadiuvarsi per il perseguimento della stessa finalità di prevenzione ed autoprotezione dagli incendi boschivi (<https://www.regione.toscana.it/firewise-comunit%C3%A0-antincendi-boschivi>). Ancora, nell'ambito del progetto strategico MED-Star, sono stati portati avanti degli approcci partecipativi online che hanno visto il coinvolgimento di numerose istituzioni e portatori di interesse dell'area di cooperazione transfrontaliera e che hanno permesso di definire obiettivi e opzioni di adattamento specifici per ogni Regione coinvolta e comuni per il territorio di programma (Bacciu *et al.*, 2022).

4. CONCLUSIONI

Il presente lavoro, partendo dall'evoluzione storica della materia antincendi boschivi, ha presentato gli sviluppi della ricerca e della governance incendi in Italia che supportano un modello di integrazione tra previsione, prevenzione e lotta e i più recenti avanzamenti in termini di studi e approcci *climate-and-fire-smart*, da quelli modellistici a quelli partecipativi, attinenti alla tematica dell'adattamento ai cambiamenti climatici.

Per quanto riguarda il primo argomento trattato, il lavoro permette di evidenziare alcune conclusioni chiave. I piani di prevenzione territoriale delineati, come i Piani Specifici in Toscana, i Piani Locali di Prevenzione AIB in Lombardia e i Piani di Prevenzione Territoriale in Piemonte, possono essere replicati in tutto il Paese. L'integrazione di questi strumenti di pianificazione nei Piani Forestali di Indirizzo Territoriale sembra essere un modello efficace che ottimizza le sinergie tra la prevenzione degli incendi e altri ambiti di pianificazione, fornendo al contempo una base solida per una strategia di lotta attiva sul territorio. Tuttavia, per garantire nel tempo territori resilienti agli incendi, è cruciale associare alla prevenzione strutturale una gestione attiva delle risorse agro-pastorali e forestali, promuovendo la gestione forestale sostenibile e le filiere locali di trasformazione (Marchetti e Ascoli, 2018). È necessario definire nei Piani AIB gli interventi di prevenzione strutturali e le tecniche per la loro manutenzione eleggibili ai fondi per la prevenzione incendi, mentre meccanismi di pagamento dei servizi ecosistemici possono riconoscere il valore della gestione forestale (Ascoli *et al.*, 2023). Inoltre, stimolare forme di associazionismo forestale e sviluppare nuovi prodotti a base di fibre legnose potrebbe facilitare la sostenibilità economica degli interventi preventivi e promuovere la convergenza di interessi tra diversi attori. Questo approccio è allineato con le strategie forestali europee e nazionali e può contribuire sia alla riduzione del rischio incendi che allo sviluppo delle economie locali.

Per quanto riguarda il secondo aspetto, l'analisi ha in primo luogo evidenziato come il regime degli incendi potrà subire ulteriori modifiche a causa dei cambiamenti climatici, che si prevede esacerberanno il comportamento, l'intensità e la frequenza degli incendi. Questa pre-

visione rafforza la necessità di ripensare alle strategie di gestione degli incendi, spostando l'attenzione, gli sforzi e gli impegni verso la prevenzione, che deve necessariamente integrare gli obiettivi a breve termine con quelli a medio-lungo termine per rispondere efficacemente alle sfide climatiche. Specialmente negli ultimi anni, la ricerca sulla tematica dell'adattamento del rischio incendi ai cambiamenti climatici è stata ritenuta sempre più strategica e si è concentrata su alcuni obiettivi di adattamento ad ampio spettro attraverso lo sviluppo di strumenti modellistici e approcci innovativi in grado di rafforzare la resilienza degli ecosistemi e delle comunità al rischio di incendi boschivi in un contesto di cambiamenti climatici. La promozione di azioni di governance degli incendi integrate tra diversi livelli territoriali e agenzie risulta essere un aspetto cruciale, declinabile in azioni specifiche quali: la promozione del coordinamento e della convergenza fra le politiche di mitigazione del rischio incendi con le politiche ambientali, agricole e forestali, climatiche, urbanistiche e energetiche; la promozione della pianificazione e della gestione forestale in modo integrato e sostenibile, anche attraverso soluzioni basate sui servizi ecosistemici e la promozione di processi partecipativi che facilitino la coprogettazione di comunità sensibili e resilienti ai cambiamenti in atto.

Ringraziamenti

Il contributo di Davide Ascoli è stato svolto nell'ambito del progetto Agritech National Research Center, European Union Next-Generation EU (PNRR)- Missione 4 Componente 2, Investimento 1.4- D.D. 1032 17/06/2022, CN00000022). Il contributo di Valentina Bacciu è stato svolto nell'ambito dei progetti FIRE-ADAPT (finanziato dal programma HORIZON-MSCA-2021-SE-01, GA n° 101086416) e FirEURisk (finanziato dal programma Horizon 2020, GA n° 101003890). Donatella Spano ringrazia il progetto the European Union - NextGenerationEU within the National Biodiversity Future Center (NBFC; Project code CN00000033; CUP:13C22000720007).

BIBLIOGRAFIA

- Aldersley A., Murray S.J., Cornell S.E., 2011 - *Global and regional analysis of climate and human drivers of wildfire*. Science of The Total Environment, 409 (18): 3472-3481. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.05.032>
- Amatulli G., Camia A., San-Miguel-Ayanz J., 2013 - *Estimating future burned areas under changing climate in the EU-Mediterranean countries*. Science of The Total Environment, 450-451: 209-222. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.02.014>
- Ancillotto L., Bosso L., Conti P., Russo D., 2021 - *Resilient responses by bats to a severe wildfire: conservation implications*. Animal Conservation, 24 (3): 470-481. <https://doi.org/10.1111/acv.12653>
- Arca B., Pellizzaro G., Duce P., Salis M., Bacciu V. et al., 2012 - *Potential changes in fire probability and severity under climate change scenarios in Mediterranean areas*. In: D. Spano, V. Bacciu, M. Salis, C. Sirca (Ed.), Modelling Fire Behaviour and Risk, Nuova Stampa Color, p. 92-98. ISBN: 978-88-904409-7-7
- Ascoli D., Bovio G., 2013 - *Prescribed burning in Italy: a review of issues, advances and challenges*. iForest, 6 (2): 79-89. <https://doi.org/10.3832/ifer0803-006>
- Ascoli D., Moris J.V., Marchetti M., Sallustio L., 2021 - *Land use change towards forests and wooded land correlates with large and frequent wildfires in Italy*. Annals of Silvicultural Research, 46 (2): 177-188.
- Ascoli D., Ferlazzo S., Marchetti M., Motta R., Pompei E. et al., 2022 - *Strategia Forestale Nazionale italiana e governo integrato degli incendi boschivi*. Forest@, 19 (1): 31-35. <https://doi.org/10.3832/efor4093-019>
- Ascoli D., Plana E., Oggioni S., Tomao A., Colonico M. et al., 2023 - *Fire-smart solutions for sustainable wildfire risk prevention: Bottom-up initiatives meet top-down policies under EU green deal*. International Journal of Disaster Risk Reduction, 92: 103715. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2023.103715>
- Ascoli D., Russo L., Giannino F., Siettos C., Moreira F., 2018 - *Firebreak and Fuelbreak*. In: Encyclopedia of Wildfires and Wildland-Urban Interface (WUI) Fires, Springer, 9 p. https://doi.org/10.1007/978-3-319-51727-8_70-1
- Bacciu V., Hatzaki M., Karali A., Cauchy, A. Giannakopoulos C. et al., 2021 - *Investigating the climate-related risk of forest fires for Mediterranean Islands' blue economy*. Sustainability, 13 (18): 10004. <https://doi.org/10.3390/su131810004>
- Bacciu V., Sirca C., Spano D., 2022 - *Towards a systemic approach to fire risk management*. Environmental Science & Policy, 129: 37-44. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2021.12.015>
- Baudena M., Santana V.M., Baeza M.J., Bautista S., Eppinga M.B. et al., 2020 - *Increased aridity drives post-fire recovery of Mediterranean forests towards open shrublands*. New Phytologist, 225: 1500-1515. <https://doi.org/10.1111/nph.16252>

- Bedia J., Herrera S., Camia A., Moreno J.M., Gutierrez J.M., 2014 - *Forest fire danger projections in the Mediterranean using ENSEMBLES regional climate change scenarios*. Climatic Change, 122: 185-199. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-1005-z>
- Bertani R., Bovio G., 2020 - *Nuovo schema di piano e manuale applicativo per la redazione dei Piani Anti Incendio Boschivo dei Parchi Nazionali*. L'Italia Forestale e Montana, 75 (4): 173-183. <https://doi.org/10.4129/ifm.2020.4.01>
- Bovio, G., 2014 - *Incendi boschivi, Selvicoltura sistemica e fuoco prescritto*. In: L'evoluzione del pensiero forestale: selvicoltura filosofia etica, vol. 1, p. 413-425. Rubbettino Editore.
- Bovio G., 2019 - *Incendi: dal rischio alla gestione forestale*. In: Rischi ambientali e cambiamenti climatici: il vento e il fuoco in rapporto alla gestione forestale e del verde urbano. Quaderni dei Georgofili, Firenze, Accademia dei Georgofili, p. 51-61.
- Bovio G., Quagliano A., Nosenzo A., 1984 - *Individuazione di un indice di previsione per il pericolo di incendi boschivi*. Monti e Boschi, 35 (4): 39-44.
- Bovio G., Camia A., 1997 - *Previsione del pericolo di incendio boschivo in Sardegna*. L'Italia Forestale e Montana, 52 (6): 405-428.
- Bovio G., Camia A., 2004 - *Analisi della gravità*. In: Incendi e complessità ecosistemica. Dalla pianificazione forestale al recupero ambientale, Blasi C., Bovio G., Corona. P.M., Marchetti M., Maturani A. (a cura di) - Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio, S.B.I. Roma, p. 116-118.
- Bovio G., Camia A., Marchetti M., 2004 - *Zonizzazione del territorio in funzione di gravità e pericolosità*. In: Incendi e complessità ecosistemica. Dalla pianificazione forestale al recupero ambientale, Blasi C., Bovio G., Corona P.M., Marchetti M., Maturani A. (a cura di) - Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio, S.B.I. Roma, p. 119-120.
- Bovio G., Marchi E., 2010 - *Selvicoltura incendi e pascolo*. L'Italia Forestale e Montana, 65 (2): 113-119. <https://doi.org/10.4129/IFM.2010.2.03>
- Bovio G., Ascoli D., 2013 - *La tecnica del fuoco prescritto*. Aracne editrice, 265 p.
- Bovio G., Marchetti M., Tonarelli L., Salis M., Vacchiano G. *et al.*, 2017 - *Gli incendi boschivi stanno cambiando: cambiamo le strategie per governarli*. Forest@, 14: 202-205. <https://doi.org/10.3832/efor2537-014>
- Cacciatore I., Calvani G., Delogu G.M., Gottero F., Romano R., 2020 - *Pianificazione della prevenzione degli incendi boschivi*. Sherwood, 247: 18-21.
- Canu A., Ventura A., Arca B., Pellizzaro G., Bacciu V. *et al.*, 2022 - *Quantifying Post-Fire Sediment Erosion in the Montiferru Area (Sardinia, Italy): Preliminary Results*. Environmental Science Proceedings, 17 (1): 82. <https://doi.org/10.3390/envirosciproc2022017082>
- Castagna J., Senatore A., Bencardino M., D'Amore F., Sprovieri F. *et al.*, 2021 - *Multiscale assessment of the impact on air quality of an intense wildfire season in*

- southern Italy*. Science of The Total Environment, 761: 143271. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143271>
- Cilli R., Elia M., D'Este M., Giannico V., Amoroso N. et al., 2022 - *Explainable artificial intelligence (XAI) detects wildfire occurrence in the Mediterranean countries of Southern Europe*. Scientific reports, 12 (1): 16349. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-20347-9>
- Colonico M., Tomao A., Ascoli D., Corona P., Giannino F., 2022 - *Rural development funding and wildfire prevention: Evidences of spatial mismatches with fire activity*. Land Use Policy, 117: 106079. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106079>
- Corona P., Ascoli D., Barbati A., Bovio G., Colangelo, G. et al., 2015 - *Integrated forest management to prevent wildfires under Mediterranean environments*. Annals of Silvicultural Research, 39 (1): 1-22.
- Costa-Saura J.M., Mereu V., Santini M., Trabucco A., Spano D., 2022a - *Performances of climatic indicators from seasonal forecasts for ecosystem management: The case of Central Europe and the Mediterranean*. Agricultural and Forest Meteorology, 319: 108921. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2022.108921>
- Costa-Saura J. M., Bacciu V., Ribotta C., Spano D., Massaiu A. et al., 2022b - *Predicting and mapping potential fire severity for risk analysis at regional level using google earth engine*. Remote Sensing, 14 (19): 4812. <https://doi.org/10.3390/rs14194812>
- Costa-Saura J.M., Spano D., Sirca C., Bacciu V., 2023 - *Contrasting patterns and interpretations between a fire spread simulator and a machine learning model when mapping burn probabilities: A case study for Mediterranean areas*. Environmental Modelling & Software, 163: 105685, ISSN: 1364-8152. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2023.105685>
- D'Este M., Ganga A., Elia M., Lovreglio R., Giannico V. et al., 2020 - *Modeling fire ignition probability and frequency using Hurdle models: a cross regional study in Southern Europe*. Ecological Processes, 9 (1): 1-14. <https://doi.org/10.1186/s13717-020-00263-4>
- D'Este M., Giannico V., Laforteza R., Sanesi G., Elia M., 2021 - *The wildland-urban interface map of Italy: A nationwide dataset for wildfire risk management*. Data in brief, 38: 107427. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2021.107427>
- De Ferrari F., Gottero F., Marzano R., 2020 - *Approccio integrato per la gestione post-disturbo dei grandi incendi. Il piano straordinario per gli interventi di ripristino della Regione Piemonte*. Sherwood - Foreste ed Alberi Oggi, 245: 27-33.
- Elia M., Giannico V., Laforteza R., Sanesi G., 2019 - *Modeling fire ignition patterns in Mediterranean urban interfaces*. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, 33 (1): 169-181. <https://doi.org/10.1007/s00477-018-1558-5>

- Elia M., D'Este M., Ascoli D., Giannico V., Spano G., 2020 - *Estimating the probability of wildfire occurrence in Mediterranean landscapes using Artificial Neural Networks*. Environmental Impact Assessment Review, 85: 106474. <https://dx.doi.org/10.1016/j.eiar.2020.106474>
- Elia M., Giannico V., Ascoli D., Argañaraz J.P., D'Este M. *et al.*, 2022 - *Uncovering current pyroregions in Italy using wildfire metrics*. Ecological Processes, 11: 15. <https://doi.org/10.1186/s13717-022-00360-6>
- Elia M., Laforteza R., Sanesi G., 2024 - *Coupling heat waves and wildfires occurrence across multiple ecoregions within a Eurasia longitudinal gradient*. Science of the Total Environment, 912: 169269. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.169269>
- European Commission, Directorate - General for Climate Action , 2021 - *Study on adaptation modelling - Recommended approach to analysis and modelling*. In final report, Bacciu V., Bigano A., Essenfelder A., Mercogliano P., Mysiak J. *et al.*, (Eds.), Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2834/419557>
- IPCC, 2019 - *Summary for Policymakers*. In: Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. P.R., Shukla, J., Skea, E., Calvo Buendia, V., Masson-Delmotte, H.O. *et al.* (Eds). In press.
- Jones M.W., Abatzoglou J.T., Veraverbeke S., Andela N., Lasslop G., Forkel M. *et al.*, 2022 - *Global and regional trends and drivers of fire under climate change*. Reviews of Geophysics, 60 (3): e2020RG000726. <https://doi.org/10.1029/2020RG000726>
- Kalabokidis K., Ager A., Finney M., Athanasis N., Palaiologou P. *et al.*, 2016 - *AEGIS: a wildfire prevention and management information system*. Natural Hazards Earth System Science, 16 (3): 643-661. <https://doi.org/10.5194/nhess-16-643-2016>
- Kirschner J.A., Ascoli D., Moore P., Clark J., Calvani S., Boustras G., 2024 - *Governance drivers hinder and support a paradigm shift in wildfire risk management in Italy*. Regional Environmental Change, 24 (13): 1-18. <https://doi.org/10.1007/s10113-023-02174-4>
- Lovreglio R., Leone V., Giaquinto P., Notarnicola A., 2010 - *Wildfire cause analysis: four case-studies in southern Italy*. iForest - Biogeosciences and Forestry, 3 (1): 8-15. <https://doi.org/10.3832/ifor0521-003>
- Lozano O.M., Salis M., Ager A.A., Arca B., Alcasena F.J. *et al.*, 2016 - *Assessing Climate Change Impacts on Wildfire Exposure in Mediterranean Areas*. Risk Analysis, 37 (10): 1898-1916. <https://doi.org/10.1111/risa.12739>
- Mancini L.D., Corona P., Salvati L. 2018a - *Ranking the importance of Wildfires' human drivers through a multi-model regression approach*. Environmental Impact Assessment Review, 72: 177-186. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2018.06.003>

- Mancini, L., Elia, M., Barbati, A., Salvati, L., Corona, P., 2018b - *Are wildfires knocking on the built-up areas door?* Forests, 9 (5): 234. <https://doi.org/10.3390/f9050234>
- Marchetti, M., Ascoli, D., 2018 - *Territorio, bioeconomia e gestione degli incendi: una sfida da raccogliere al più presto.* Forest@ - Journal of Silviculture and Forest Ecology, 15 (1): 71-74. <https://doi.org/10.3832/efor0072-015>
- Marcozzi M., Bovio G., Mandallaz D., Bachmann P., 1994 - *Influenza della meteorologia sull'indice di pericolo degli incendi boschivi nel Canton Ticino.* Rivista Forestale Svizzera, 145 (3): 183-199.
- Maringer J., Hackett-Pain A., Ascoli D., Garbarino M., Conedera M., 2021 - *A new approach for modeling delayed fire-induced tree mortality.* Ecosphere, 12 (5): e03458. <https://doi.org/10.1002/ecs2.3458>
- McWethy D.B., Schoennagel T., Higuera P.E., Krawchuk M., Harvey B.J. et al., 2019 - *Rethinking resilience to wildfire.* Nature Sustainability, 2: 797-804. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0353-8>
- Memoli V., Santorufo L., Panico S.C., Barile R., Di Natale G. et al., 2021 - *Stability of mediterranean burnt soils under different plant covers.* Catena, 206: 105581. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105581>
- Migliavacca M., Dosio A., Camia A., Hobourg R., Houston-Durrant T. et al., 2013 - *Modeling biomass burning and related carbon emissions during the 21st century in Europe.* Journal of Geophysical Research: Biogeosciences, 118 (4): 1732-1747. <https://doi.org/10.1002/2013JG002444>
- Mirto M., Fiore S.L., Bacciu V., Sirca C., Costa-Saura J.M. et al., 2022 - *OFI-DIA2: An Operational Platform for Fire Danger Prevention and Monitoring.* Environmental Science Proceedings, 17 (1): 4. <https://doi.org/10.3390/envirosciproc2022017004>
- Mitsopoulos I., Mallinis G., Karali A. et al., 2016 - *Mapping fire behaviour under changing climate in a Mediterranean landscape in Greece.* Regional Environmental Change, 16: 1929-1940. <https://doi.org/10.1007/s10113-015-0884-0>
- Moriondo M., Good P., Durao R., Bindi M., Giannakopoulos C. et al., 2006 - *Potential impact of climate change on fire risk in the Mediterranean area.* Climate Research, 31: 85-95. <https://doi.org/10.3354/cr031085>
- Nocentini S., Buttoud G., Ciancio O., Corona P., 2017 - *Managing forests in a changing world: the need for a systemic approach. A review.* Forest Systems, 26 (1): eR01. <https://doi.org/10.5424/fs/2017261-09443>
- Nolè A., Rita A., Spatola M.F., Borghetti M., 2022 - *Biogeographic variability in wildfire severity and post-fire vegetation recovery across the European forests via remote sensing-derived spectral metrics.* Science of The Total Environment, 823: 153807. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153807>
- Pellizzaro G., Dubrovsky M., Bortolu S., Ventura A., Arca B. et al., 2014 - *Estimating live fuel status by drought indices: an approach for assessing local*

- impact of climate change on fire danger*. Geophysical Research Abstracts, 16: EGU2014-5795.
- Perello N., Trucchia A., Baghino F., Asif B.S., Palmieri L., 2024 - *Cellular automata-based simulators for the design of prescribed fire plans: the case study of Liguria, Italy*. Fire Ecology, 20: 7. <https://doi.org/10.1186/s42408-023-00239-7>
- PNACC, 2023 - *Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici*. <https://www.mase.gov.it/notizie/clima-approvato-il-piano-nazionale-di-adattamento-ai-cambiamenti-climatici>
- Salis M., Del Giudice L., Alcasena-Urdirroz F., Jahdi R., Arca B. *et al.*, 2023 - *Assessing cross-boundary wildfire hazard, transmission, and exposure to communities in the Italy-France Maritime cooperation area*. Frontiers in Forests and Global Change, 6: 1241378. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2023.1241378>
- Salis M., Arca B., Alcasena F., Arianoutsou M., Bacciu V., Duce P. *et al.*, 2016 - *Predicting wildfire spread and behavior in Mediterranean landscapes*. International Journal of Wildland Fire, 25 (10): 1015-1032. <https://doi.org/10.1071/WF15081>
- Salis M., Arca B., Del Giudice L., Palaiologou P., Alcasena-Urdirroz F. *et al.*, 2021 - *Application of simulation modeling for wildfire exposure and transmission assessment in Sardinia, Italy*. International Journal of Disaster Risk Reduction, 58: 102189. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2021.102189>
- Salis M., Del Giudice L., Arca B., Ager A.A., Alcasena-Urdirroz F. *et al.*, 2018 - *Modeling the effects of different fuel treatment mosaics on wildfire spread and behavior in a Mediterranean agro-pastoral area*. Journal of environmental management, 212: 490-505. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.02.020>
- Salis M., Del Giudice L., Jahd, R., Alcasena-Urdirroz F., Scarpa C. *et al.*, 2022 - *Spatial patterns and intensity of land abandonment drive wildfire hazard and likelihood in Mediterranean agropastoral areas*. Land, 11 (11): 1942. <https://doi.org/10.3390/land11111942>
- Salis M., Del Giudice L., Robichaud P., Ager A.A., Canu A., Duce P. *et al.*, 2019 - *Coupling wildfire spread and erosion models to quantify post-fire erosion before and after fuel treatments*. International Journal of Wildland Fire, 28: 687-703. <https://doi.org/10.1071/WF19034>
- Sánchez-García E., Rodríguez-Camino E., Bacciu V., Chiarle M., Costa-Saura J. *et al.*, 2022 - *Co-design of sectoral climate services based on seasonal prediction information in the Mediterranean*. Climate Services, 28: 100337. ISSN: 2405-8807. <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2022.100337>
- Scarpa C., Bacciu V., Ascoli D., Costa-Saura J.M., Salis M. *et al.*, 2023 - *Estimating annual GHG and particulate matter emissions from rural and forest fires based on an integrated modelling approach*. Science of The Total Environment, 970: 167960. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167960>

- Schoennagel T., Balch J.K., Brenkert-Smith H., Dennison P.E., Harvey B.J., 2017 - *Adapt to more wildfire in western North American forests as climate changes*. Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS), 114 (18): 4582-4590. <https://doi.org/10.1073/pnas.1617464114>
- Sirca C.B., Casula F., Bouillon C., Fierro García B., Fernández Ramiro M.M. et al., 2017 - *A wildfire risk oriented GIS tool for mapping Rural-Urban Interfaces*. Environmental Modelling & Software, 94: 36-47. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2017.03.024>
- Spadoni G.L., Moris J.V., Vacchiano G., Elia M., Garbarino M. et al., 2023 - *Active governance of agro-pastoral, forest and protected areas mitigates wildfire impacts in Italy*. Science of The Total Environment, 890: 164281. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164281>
- Spano D., Mereu V., Bacciu V., Marras S., Trabucco A. et al., 2020 - *Analisi del rischio. I cambiamenti climatici in Italia*. Centro Euro-Mediterraneo sul Cambiamenti Climatici, 121 p. https://doi.org/10.25424/cmcc/analisi_del_rischio
- SRACC, 2019 - *Strategia Regionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici della Regione Sardegna*. <https://portal.sardegناسira.it/strategia-regionale-di-adattamento>.
- Tedim F., McCaffrey S., Leone V., Vazquez-Varela C., Depietri Y. et al., 2021 - *Supporting a shift in wildfire management from fighting fires to thriving with fires: The need for translational wildfire science*. Forest Policy and Economics, 131: 102565. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2021.102565>
- Tonarelli L., Vacchiano G., Ascoli D., Bacciu V., Delogu G., 2020 - *Un paese che brucia - Cambiamenti climatici e incendi boschivi in Italia*. Report edito da Greenpeace, 32 p. https://www.greenpeace.org/static/planet4-italy-stateless/2020/08/1e5628b6-report_incendicc_finale.pdf
- Tonini M., D'Andrea M., Biondi G., Degli Esposti S., Trucchia A. et al., 2020 - *A machine learning-based approach for wildfire susceptibility mapping. The case study of the Liguria region in Italy*. Geosciences, 10 (3): 105. <https://doi.org/10.3390/geosciences10030105>
- Trucchia A., Meschi G., Fiorucci P., Gollini A., Negro D., 2022 - *Defining wildfire susceptibility maps in Italy for understanding seasonal wildfire regimes at the national level*. Fire, 5 (1): 30. <https://doi.org/10.3390/fire5010030>
- Trucchia, A., M. D'andrea, F. Baghino, P. Fiorucci, L. Ferraris, D. et al., 2020 - *Propagator: An operational cellular-automata based wildfire simulator*. Fire, 3 (3): 26. <https://doi.org/10.3390/fire3030026>
- Turco M., Rosa-Cánovas J.J., Bedia J. et al., 2018 - *Exacerbated fires in Mediterranean Europe due to anthropogenic warming projected with non-stationary climate-fire models*. Nature Communications, 9: 3821. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-06358-z>

- Turco M., Marcos-Matamoros R., Castro X., Canyameras E., Llasat M.C., 2019 - *Seasonal prediction of climate-driven fire risk for decision-making and operational applications in a Mediterranean region*. *Science of The Total Environment*, 676: 577- 583. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.04.296>
- Vacchiano G., Berretti R., Motta R., Ascoli D., 2020 - *Selvicoltura preventiva prossima alla natura: Riflessioni sull'esperienza nelle dry mixed forests del Nord America*. *Sherwood*, 38 (247).
- Vaglio Laurin G., Avezzano R., Bacciu V., Del Frate F., Papale D. *et al.*, 2018 - *COSMO-SkyMed potential to detect and monitor Mediterranean maquis fires and regrowth: a pilot study in Capo Figari, Sardinia, Italy*. *IForest - Biogeosciences and Forestry*, 11 (3): 389-395. <https://doi.org/10.3832/ifor2623-011>
- Verkerk P.J., Martinez de Arano I., Palahí, M., 2018 - *The bio-economy as an opportunity to tackle wildfires in Mediterranean forest ecosystems*. *Forest Policy and Economics*, 86: 1-3. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2017.10.016>
- Viegas D., Sol B., Bovio G., Nosenzo A., Ferreira A., 1994 - *Comparative study of various methods of fire danger evaluation in southern Europe*. In: *Proceeding 2nd International Conference on Forest Fire Research Coimbra, November 1994*, p. 571-590.

Innovazione e qualificazione del lavoro in foresta

1. INTRODUZIONE

Durante il IV Congresso Nazionale di Selvicoltura svoltosi a Torino nel 2018 la sessione relativa all'Innovazione e qualificazione del lavoro in foresta ha permesso di fare un quadro dei principali aspetti tecnici e scientifici che caratterizzavano il settore. Diverse criticità sono emerse dal dibattito e sono state chiaramente espresse nella mozione finale che riportava: "I congressisti auspicano che [...] venga incrementata la professionalizzazione, l'attitudine all'innovazione e la capacità imprenditoriale delle imprese forestali tramite l'adeguamento delle attrezzature e delle infrastrutture alle esigenze di una moderna meccanizzazione forestale a basso impatto ambientale". Si tratta di aspetti di estrema importanza, alcuni dei quali già rappresentati in passato e per i quali non erano mai state trovate soluzioni se non parziali, localizzate e/o occasionali, in un quadro di attività non strutturate e non sviluppate in maniera omogenea a livello nazionale.

Dal 2018 ad oggi il settore delle imprese forestali e dell'innovazione e qualificazione del lavoro in foresta ha subito invece un impulso significativo. Le basi di partenza che hanno permesso questo impulso

Enrico Marchi: Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali, Università di Firenze.

Raffaele Cavalli: Professore Emerito, Università di Padova.

Raffaele Spinelli: Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto per la Bioeconomia, Sesto Fiorentino (FI).

erano tuttavia già presenti e sono rappresentate dall'introduzione del Decreto legislativo 3 aprile 2018 n. 34, dal titolo "Testo Unico in materia di Foreste e Filiere forestali (TUFF)". Su queste solide fondamenta si sono successivamente sviluppati i relativi decreti attuativi. Tra questi soprattutto quelli dedicati agli "Albi regionali delle imprese forestali", alla "Definizione dei criteri minimi nazionali per la formazione professionale degli operatori forestali" e alle "Disposizioni per la definizione dei criteri minimi nazionali inerenti agli scopi, le tipologie e le caratteristiche tecnico-costruttive della viabilità forestale e silvo-pastorale, delle opere connesse alla gestione dei boschi e alla sistemazione idraulico-forestale" hanno consentito di evidenziare alcuni punti chiave per l'innovazione nel settore delle utilizzazioni forestali e della meccanizzazione del lavoro in bosco ed hanno dato avvio ad un periodo di significativi mutamenti per la crescita del settore.

Di seguito verranno trattati i principali cambiamenti verificatisi in questi anni e verranno evidenziate le ulteriori opportunità di sviluppo di un settore in profondo cambiamento.

2. FORMAZIONE FORESTALE

In Italia la formazione forestale, di competenza delle Regioni, era attuata in maniera molto diversificata in ognuna di queste. Al Nord alcune Regioni (Piemonte, Liguria, Lombardia, Veneto, Toscana ed Emilia-Romagna) avevano codificato percorsi formativi professionali in campo forestale coerentemente con il sistema della formazione professionale (formazione formale); altre (Regione Autonoma Valle d'Aosta, Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia, Provincia Autonoma di Trento, Provincia Autonoma di Bolzano) avevano individuato percorsi formativi forestali esterni al sistema della formazione professionale (formazione non formale), con l'obiettivo comunque di provvedere ad una loro standardizzazione in tempi relativamente brevi.

Con il termine "formazione formale" si intende l'apprendimento derivante da attività formative, intenzionali e strutturate, realizzate da enti/istituzioni d'istruzione e formazione riconosciuti da un'autorità competente. Tale formazione comporta il rilascio di titoli aventi valore legale.

La “formazione non formale” è invece un apprendimento derivante da attività formative, intenzionali e strutturate, realizzate in qualsiasi ambito diverso da quello formale; non dà luogo al rilascio di titoli aventi valore legale. Infine, con “formazione informale” si intende l’apprendimento derivante da esperienze lavorative, da quelle di vita familiare ed anche dal tempo libero; non è un’attività volutamente strutturata e, alcune volte, l’apprendimento non è intenzionale.

In altre Regioni la formazione degli operatori forestali è stata tradizionalmente un’attività non strutturata, basata su eventi saltuari e occasionali, cioè di iniziative formative non professionali in campo forestale, cioè non promosse e coordinate dalle Regioni, quanto piuttosto attività frutto dell’iniziativa di singoli soggetti (imprese e datori di lavoro), prevalentemente focalizzate sull’adempimento degli obblighi in materia di sicurezza (D.Lgs. 81/2008). In tal senso, è necessario sottolineare che non sempre è compresa, tra gli operatori del settore, la distinzione tra formazione professionale e formazione obbligatoria generale e specifica ai sensi del D.Lgs. n. 81 del 9 Aprile 2008.

Tra le Regioni più strutturate in tema di formazione degli operatori forestali negli ultimi anni era stato introdotto un quadro di reciproco riconoscimento.

Da notare comunque che molte imprese forestali erano in possesso di competenze derivanti dall’esperienza (formazione informale), che potevano essere adeguatamente valorizzate e riconosciute nell’ambito della formazione professionale (crediti formativi).

La presenza di sistemi e percorsi diversificati ha purtroppo comportato una disomogeneità della formazione forestale nel nostro Paese. In particolare, le principali criticità riscontrate erano rappresentate da:

- frammentazione dell’offerta formativa;
- sovrapposizioni e duplicazioni nella formazione;
- qualità diversificata dei contenuti;
- eterogenea accessibilità geografica;
- attività occasionale - non strutturata;
- carenza di formazione per i formatori (istruttori forestali);
- discontinuo aggiornamento dei contenuti formativi.

Da questo quadro eterogeneo è nata quindi la necessità di un coordinamento e una collaborazione interistituzionale per avviare percorsi

uniformi al fine di avere una offerta formativa con regole semplici e condivise, utili ad assicurare una elevata competenza e professionalità teorico-pratica su tutto il territorio nazionale.

2.1 *Il Decreto formazione (D.M. 4472 del 29/04/2020)*

Il Decreto, previsto dal D.Lgs. 34/2018 - TUFF, definisce i criteri minimi nazionali per la formazione degli operatori forestali individuandoli: i) nelle competenze afferenti al Quadro nazionale delle qualificazioni regionali contenute nel “Repertorio nazionale dei titoli di istruzione e formazione e delle qualificazioni professionali” (a norma del D.Lgs. 13/2013 e ai sensi e per gli effetti del D.I. del 30/06/2015); ii) nei percorsi formativi in campo forestale codificati dalle Regioni e dalle Province Autonome per i quali è definita la corrispondenza con i diversi profili della norma UNI 11660:2016 “Attività professionali non regolamentate - Operatore forestale - Requisiti di conoscenza, abilità e competenza”. Il riferimento alla Norma UNI, come linguaggio comune a tutti, intende agevolare il reciproco riconoscimento delle competenze possedute dagli operatori e dalle imprese tra le diverse Regioni.

Il Repertorio nazionale dei titoli di istruzione e formazione e delle qualificazioni professionali rappresenta il quadro di riferimento in Italia per la certificazione delle competenze ed è costituito da tutti i repertori dei titoli di istruzione e formazione, e delle Qualificazioni professionali rilasciati in Italia da un Ente titolare o rilasciati in esito ad un contratto di Apprendistato.

Il Repertorio nazionale è contenuto nell’Atlante del Lavoro e delle Qualificazioni consultabile online all’indirizzo: <https://atlantelavoro.inapp.org>

La norma UNI 11660:2016 definisce i requisiti relativi all’attività professionale dell’Operatore forestale, ossia del soggetto professionale operante nell’ambito delle attività di utilizzazione forestale nel comparto della filiera bosco-legno-energia e utilizzazione nell’arboricoltura.

La figura dell’operatore è importante per mantenere o aumentare la sostenibilità degli interventi in bosco e negli impianti di arboricoltura da legno, per la valorizzazione degli assortimenti e il contenimento degli impatti ambientali; pertanto, i requisiti fondamentali, l’insieme

di conoscenze, abilità e competenze acquisite, devono permettere di distinguere l'operatore forestale professionale dai soggetti privi di tali requisiti.

3. IL PROGETTO FOR.ITALY

Nato nell'ambito della cooperazione inter istituzionale attivatasi grazie al "Testo Unico in materia di Foreste e Filiera forestali" (D.Lgs. 34/2018), il progetto For.Italy ha avuto tra i suoi obiettivi il supporto del recepimento su tutto il territorio nazionale del Decreto Ministeriale sulla formazione forestale (D.M. 4472 del 29.04.2020) e si è fondato sulla collaborazione tra le diverse Regioni italiane, rappresentando così un primo ed importante risultato della cooperazione inter istituzionale attivatasi grazie al TUFF.

Il progetto, che ha visto coinvolte le Regioni Piemonte (capofila), Basilicata, Calabria, Liguria, Lombardia, Sardegna, Sicilia, Toscana e Veneto, ed è stato condiviso da tutte le altre, ha avuto l'obiettivo principale di formare nuovi istruttori forestali (86 nuovi istruttori alla fine del progetto - Tab. 1), provenienti sia dal settore pubblico, sia privato (titolari di impresa o dipendenti), che potranno essere impiegati su tutto il territorio nazionale nella realizzazione dei futuri corsi di formazione in ambito forestale promossi dalle Regioni e dalle Province Autonome. I nuovi istruttori forestali servono da catalizzatore per migliorare la sicurezza sul lavoro e promuovere la professionalizzazione delle imprese forestali.

In questo contesto, nell'ambito del progetto For.Italy è stato inoltre avviato un percorso di standardizzazione e riconoscimento delle figure professionali da Operatore ed Istruttore forestale in tutto il territorio nazionale. Quando il progetto ha preso avvio, molte Regioni e Province Autonome non avevano una normativa in materia di formazione forestale e, laddove presenti, tali norme risultavano tra loro molto disomogenee. Attualmente 16 Regioni hanno provveduto a recepire il D.M. con una normativa coerente e omogenea, approvando il profilo da operatore forestale, 11 hanno approvato il profilo da Istruttore forestale e altre stanno attualmente completando tali percorsi.

Tabella 1 - Numero di nuovi istruttori forestali formati per Regione e per settore di provenienza.

REGIONE DI PROVENIENZA	TOTALE	PUBBLICO	PRIVATO		ALTRO
			Titolare d'impresa	Dipendente	
Abruzzo	1		1		
Basilicata	5		3	2	
Calabria	9		3	4	2
Campania	7	2	3	1	1
Emilia-Romagna	10	1	5	3	1
Friuli V. Giulia	2	2			
Lazio	4		4		
Liguria	1		1		
Lombardia	5		5		
Marche	3		3		
Molise	3			3	
PA Bolzano	1		1		
PA Trento	2	2			
Puglia	2			2	
Sardegna	10	2	6	2	
Sicilia	5	4	1		
Toscana	7	5	2		
Umbria	3	3			
Valle d'Aosta	1	1			
Veneto	5		5		
<i>Totale</i>	86	22	43	17	4
%		26%	50%	20%	4%

Il progetto For.Italy ha inoltre consentito la realizzazione di 6 cantieri dimostrativi (Tab. 2), oltre a quello previsto nell'ambito dell'evento di lancio del progetto, svoltosi l'8 e 9 ottobre 2020 a Serra San Bruno (VV). L'obiettivo di tali cantieri era quello di presentare ad un pubblico vasto di imprese del settore alcuni dei più importanti aspetti relativi all'efficienza e alla sicurezza del lavoro in bosco (Fig. 1).

Tabella 2 - Dati riassuntivi dei cantieri dimostrativi realizzati nell'ambito del progetto For.Italy.

CANTIERE/ PARTECIPANTI	DATA	LUOGO	REGIONE RESPONSABILE	REGIONI E PROVINCE AUTONOME COINVOLTE
1 - Nord 90 partecipanti	30.06.2021	Pian del Cansiglio (BL)	Veneto	Bolzano, Friuli-Venezia Giulia, Liguria, Lombardia, Piemonte, Trento, Valle d'Aosta, Veneto
2 - Centro Nord 82 partecipanti	14.07.2021	Londa (FI)	Toscana	Emilia-Romagna, Toscana, Umbria, Veneto
3 - Centro 93 partecipanti	7.10.2021	Rieti, Borgo Sala	Toscana	Abruzzo, Lazio, Marche, Umbria
4 - Sardegna 120 partecipanti	16.09.2021	Monte Arci (OR)	Sardegna	Sardegna
5 - Sud 138 partecipanti	17.06.2021	Abriola (PZ)	Basilicata	Basilicata, Calabria, Campania, Molise, Puglia
6 - Sicilia 95 partecipanti	15.10.2021	S.Stefano Quisuina (AG)	Sicilia	Sicilia

4. INFRASTRUTTURE

Il tema della viabilità forestale è un tema delicato che ha da sempre portato a contrasti e divisioni.

Infatti, se da un lato la viabilità forestale e le opere connesse giocano un ruolo cruciale per la gestione, valorizzazione e protezione delle foreste, dall'altro la costruzione di strade, piste e altre infrastrutture può essere causa di impatti ambientali dovuti alla loro apertura e/o mancata gestione. Per questi motivi, le nuove priorità di gestione forestale sostenibile e di protezione dell'ambiente implicano una riconsiderazione della viabilità forestale sia nelle sue linee generali sia nei dettagli tecnici.

La realizzazione, l'adeguamento e la manutenzione di una rete viabile di accesso alla foresta deve tenere in considerazione i differenti



Figura 1 - Immagine di un'area dimostrativa del cantiere 3 - Centro, Borgo Sala, Rieti.

modi in cui i vari portatori di interesse accedono alla foresta. Inoltre, la riduzione dei rischi ambientali connessi all'apertura di infrastrutture forestali richiede l'adozione sia di misure preventive, nelle fasi di pianificazione, progettazione e costruzione, sia protettive, in fase di manutenzione e adeguamento.

Fino ad ora la normativa regionale in tema di viabilità forestale era molto diversificata. Alcune Regioni avevano definizioni di viabilità più o meno dettagliate; altre riportavano anche le caratteristiche dimensionali della viabilità, in modo più o meno dettagliato; alcune riportavano sia definizioni sia dimensioni; altre ancora non avevano definizioni di viabilità. Inoltre, le definizioni e le dimensioni date dalla Normativa Regionale/Provinciale non erano uniformi e talvolta divergevano in modo significativo.

Il Decreto 28 ottobre 2021 "Disposizioni per la definizione dei criteri minimi nazionali inerenti agli scopi, le tipologie e le caratteristiche tecnico-costruttive della viabilità forestale e silvo-pastorale, delle opere connesse alla gestione dei boschi e alla sistemazione idraulico-forestale" ha permesso di definire una base comune a livello nazionale su alcuni importanti aspetti: scopi e funzioni della viabilità forestale; definizioni e classificazione; criteri progettuali e procedurali. Questa

semplice standardizzazione a livello nazionale dei principali aspetti legati alla viabilità forestale ha posto le basi per una gestione e sviluppo sostenibile di queste infrastrutture, indispensabili per una moderna gestione del territorio e delle foreste.

5. ASSOCIAZIONISMO

Sono diverse le problematiche che le imprese boschive devono affrontare nella conduzione quotidiana della propria attività: dagli aspetti connessi con la sicurezza e la salute del lavoro a quelli relativi alla formazione e all'aggiornamento del personale, agli impegni amministrativi e fiscali legati alla gestione dell'impresa, all'acquisto e alla commercializzazione dei prodotti, all'aggiornamento tecnico e organizzativo di macchinari e attrezzature, ai rapporti con gli Istituti di credito.

È proprio per affrontare tali problematiche in modo efficace e per quanto possibile economico che l'unione delle imprese boschive in una struttura associativa è andata sempre più affermandosi nel corso degli anni.

Un'organizzazione associativa per essere efficace deve consentire, da un lato, il mantenimento dell'individualità dell'impresa e della sua forma giuridica e, dall'altro, essere di stimolo allo sviluppo di una cultura di impresa, che va sostenuta attraverso la creazione di servizi di vario tipo a supporto dell'attività imprenditoriale e la realizzazione di iniziative di innovazione e di promozione.

Uno degli elementi in cui la gestione da parte delle imprese singole risulta più problematica è certamente quello della sicurezza e della salute nel lavoro. Si tratta di un aspetto che è frequentemente vissuto dalle imprese se non come un intralcio alle attività ordinarie, certamente come un fardello di adempimenti burocratici che si è obbligati a mettere in atto. In realtà, il tema, se affrontato con la giusta prospettiva e l'adeguato supporto tecnico, diventa di stimolo per la crescita imprenditoriale: esso sottende, infatti, interventi di formazione, predisposizione e aggiornamento della documentazione prevista dalle norme di settore, adeguamento dei mezzi tecnici e miglioramento

nell'organizzazione dei cantieri. Si tratta di interventi che con difficoltà e solo parzialmente possono essere posti in atto dalla singola impresa boschiva, anche se ben strutturata.

In questo contesto un'associazione, opportunamente organizzata e gestita, può farsi promotrice di corsi di formazione contestualizzati alle effettive esigenze operative delle imprese che la compongono, organizzatrice d'iniziative di approfondimento degli aspetti legali connessi alla materia della sicurezza e della salute nel lavoro, patrocinatrice di servizi tecnici specializzati di supporto all'applicazione della normativa ed altro ancora.

Naturalmente il tema della formazione non si riferisce solo agli aspetti tecnici, all'impiego di macchine e attrezzature e alle implicazioni sulla sicurezza e sulla salute, ma può riguardare anche aspetti connessi con le norme e i regolamenti in vigore, ad esempio, nel commercio del legname, quelli fiscali nonché quelli relativi all'adozione di buone pratiche.

Sono numerosi gli esempi di associazioni costituite negli anni recenti soprattutto su base regionale; attualmente tali strutture associative sono presenti in tutta l'Italia settentrionale e in gran parte dell'Italia centrale.

Un elemento importante che ha contraddistinto questo percorso è stata la necessità di innalzare il livello associazionistico; l'organizzazione di un insieme di associazioni di imprese boschive nell'ambito di un consorzio, che sia in grado di stimolare una forte azione mutualistica e generare una crescita individuale e collettiva, è diventato essenziale per far fronte alla globalizzazione dei mercati e alle crisi ambientali e politiche che richiedono, per essere affrontate, nuovi approcci nel fare impresa. Il Consorzio Nazionale delle Imprese Boschive (CONAIBO), istituito nel 2013, conta ad oggi 8 Associazioni regionali di imprese boschive, 3 Associazioni rappresentative dell'artigianato, delle industrie del legno e dei proprietari boschivi, un'Associazione sulle energie da biomasse, un Editore di stampa tecnica di settore, l'Agenzia per il sistema del Patentino Europeo per la Motosega.

Lo spirito associativo, alimentato inizialmente dall'esigenza di soddisfare le esigenze della conduzione quotidiana delle imprese boschive, ha dato luogo a una struttura articolata e rappresentativa, capace di una interlocuzione diretta con i centri decisionali della politica nazio-

nale e quindi in grado di intervenire ogni volta si propongano nuove iniziative oppure modifiche ed integrazioni alla normativa ed ai finanziamenti nell'ambito forestali, nell'interesse degli associati.

6. INNOVAZIONE

Gli eventi catastrofici verificatesi negli ultimi anni (tempesta Vaia e successiva diffusione del bostrico) hanno accelerato la spinta all'innovazione, che già era ormai in pieno svolgimento da almeno un decennio. Come in Germania nel 1990 e in Francia nel 2000, l'emergenza ha costretto imprese e proprietari a fare un passo deciso verso la meccanizzazione spinta - unica capace di consentire uno sgombero veloce, efficace e il più possibile sicuro. Questo ha consentito a molte imprese forestali di innalzare il proprio livello tecnologico, migliorando così la sicurezza del lavoro, l'efficienza e le produzioni, sia in termini quantitativi sia qualitativi.

Come prevedibile, la meccanizzazione spinta sta sconvolgendo i tradizionali schemi operativi. Se l'emergenza Vaia ha dimostrato che quella della meccanizzazione spinta è anche in Italia una scelta obbligata, possiamo ancora discutere su quale sia il tracciato da seguire. Come in tutte le realtà che si sono affermate soprattutto in un clima emergenziale, mancano ancora dei punti di riferimento stabili: da un lato le ditte cercano di massimizzare sicurezza e produttività, e tendono a sottovalutare gli impatti che queste causano; dall'altro i proprietari forestali e le autorità competenti sono spaventati dall'aspetto minaccioso delle nuove attrezzature e spesso si arroccano in un conservazionismo che forse sopravvaluta il rischio effettivo. È sempre più evidente la necessità di trovare un giusto compromesso, che permetta di valorizzare i benefici della meccanizzazione senza scivolare nell'abuso. Il raggiungimento di un compromesso però presuppone che ciascuno sia disposto a cedere qualcosa, e già questo non è facile. Ancora più difficile è la definizione del punto di equilibrio, che richiede di determinare con un minimo di accuratezza le conseguenze economiche ed ecologiche delle diverse soluzioni. In questo frangente possono essere di aiuto i risultati del progetto europeo "Technodiversity", che offre un nuovo strumento

per la valutazione e la scelta del sistema di utilizzazione più adatto a ciascun bosco, nel momento in cui sia necessario effettuare un intervento selvicolturale. Lo strumento offerto da “Technodiversity” consiste di un metodo di valutazione completo, razionale e trasparente, che ha il merito fondamentale di semplificare la comunicazione tra i vari portatori d’interesse: proprietario del bosco, dottore forestale, ditta utilizzatrice e autorità di sorveglianza. Il vantaggio fondamentale di questo sistema non è tanto quello di insegnare quale è il sistema di lavoro migliore a chi lo sa già, ma piuttosto di rendere trasparente il processo decisionale e consentire di spiegarne a tutti il risultato. L’uso di metodi grafici per la descrizione delle varie scelte consente anche di superare le eventuali (e frequenti) incomprensioni che scaturiscono da una comunicazione incompleta o da una terminologia non sempre chiara a tutti. Una volta che il sistema su cui si sta discutendo viene descritto tramite semplici icone poste su un diagramma di flusso standardizzato, è molto più facile capirsi a vicenda ed essere sicuri che si stia parlando tutti della stessa cosa. Questo è particolarmente importante quando si opera su una realtà come quella forestale, dove insistono numerosi portatori d’interesse con preparazione tecnica differente e per i quali spesso non esiste un linguaggio tecnico comune.

Un’altra cosa importante da fare è definire le regole di buona condotta nell’uso della meccanizzazione spinta, e trovare strategie gestionali che favoriscano il corretto impiego delle nuove macchine, attraverso l’accorpamento dei lotti e la distribuzione delle martellate. Bisogna lavorare tutti insieme, tanto non si torna più indietro: Vaia ha semplicemente dimostrato che le imprese devono meccanizzare. Per l’imprenditore, il motivo principale è la carenza di manodopera, associata alla necessità di ridurre i costi di lavorazione. Tutti gli studi fatti in Italia e all’Estero concordano nell’affermare che la meccanizzazione spinta consente una riduzione di almeno un terzo sul costo di utilizzazione ottenuto con cantieri tradizionali. Il problema però è che a molti dei nostri proprietari forestali l’intervento meccanizzato non costa meno di quello tradizionale. Il fatto è comunque molto curioso. Le spiegazioni sono due: o la ditta boschiva intasca tutto l’eventuale profitto senza rifletterlo sul prezzo applicato al proprietario forestale, oppure non riesce a sfruttare appieno le potenzialità produttive ed economiche della mac-

china, così che il margine è talmente ridotto da non poter consentire una significativa riduzione del prezzo. Questa seconda spiegazione è la più preoccupante, ed evidenzia le necessità di formazione delle nostre ditte boschive e di adattamento della nostra selvicoltura, che sembra collocare economia e sicurezza all'ultimo posto tra le priorità di una corretta gestione forestale. Più le attrezzature diventano potenti e sofisticate e più difficile è riuscire a sfruttarle a pieno senza una corretta formazione degli operatori, ma anche di proprietari, selvicoltori e autorità di controllo. Se anche l'uso della motosega richiede un livello notevole di sofisticazione, quello dell'harvester ne vuole ancora di più. E mentre molti motoseghisti usano la loro macchina da diversi decenni e credono di avere oramai molto poco da imparare, nessuno dei nostri conduttori di harvester ha dieci anni di esperienza, e la stragrande maggioranza ne ha solo quattro o cinque: questa gente in genere è giovane, sveglia e dinamica. Sa di avere ancora da imparare e spesso ne ha voglia, almeno quando trova un istruttore credibile. Se ci muoviamo in fretta, qui siamo ancora in tempo. E se abbiamo ancora gente giovane, sveglia e dinamica che continua a voler lavorare in bosco, abbiamo tutto l'interesse a metterla dentro una cabina, dove il rischio di farsi male è almeno quattro volte minore rispetto a quello che corre il motoseghista, per quanto formato. Se poi non ne avessimo l'interesse, di certo ne abbiamo il dovere morale.

Innovazione, sostenibilità e impatti dell'uso del legno

Nel corso degli ultimi anni si sono succeduti avvenimenti che hanno profondamente influenzato le condizioni al contorno nelle quali opera la filiera del legno, sia a livello nazionale che internazionale. A seguito della crisi pandemica la Comunità Europea ha messo in atto strategie di medio e lungo termine quali *Green deal*, *European Bahaus*, *Circular Economy*, a cui si è aggiunto a livello nazionale il PNRR. In ognuna di queste azioni il legno e la filiera dei prodotti derivati sono chiamati a dare un contributo importante per il raggiungimento degli obiettivi di contenimento dei cambiamenti climatici e per la sostenibilità e circolarità dei materiali e delle tecnologie di trasformazione.

La Strategia forestale europea, ancorata al *Green deal* e alla Strategia sulla biodiversità per il 2030, assegna un ruolo centrale e multifunzionale alle foreste e richiama più volte il ruolo fondamentale che il legno, ottenuto secondo i criteri di una gestione forestale sostenibile e certificata, può svolgere nella transizione dell'UE verso una bioeconomia a impatto climatico zero. Se impiegati in usi a lungo ciclo di vita i prodotti a base di legno possono contribuire al raggiungimento della neutralità climatica mediante lo stoccaggio della CO₂ e la sostituzione di materiali ad alto tenore di emissione di GHG, tanto che

Marco Fioravanti: Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali, Università di Firenze.

Manuela Romagnoli: Dipartimento per la Innovazione nei Sistemi Biologici, Agroalimentari e Forestali, Università della Tuscia, Viterbo.

Roberto Zanuttini: Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari Università di Torino.

sono di prossima pubblicazione all'interno del pacchetto *Fit for 55%* nuovi Regolamenti per consentire la contabilizzazione delle riserve di carbonio immagazzinate nei prodotti legnosi raccolti, e per i quali si prevedono tempi di emivita compresi fra i due e i 35 anni. Per essere in linea con la SDS delle Nazioni Unite, entro il 2030 tutti i paesi devono stabilire codici energetici obbligatori per l'edilizia. Le nuove costruzioni ad alta efficienza energetica dovrebbero passare da circa 275 milioni di m² a quasi 5 miliardi di m²; e le riduzioni dell'intensità energetica attuate da ristrutturazioni del patrimonio edilizio esistente devono raddoppiare dal 15% ad almeno il 30-50%. In questo scenario di riferimento l'impiego di prodotti derivati del legno può contribuire a trasformare il settore edile da fonte di emissioni di gas a effetto serra in un pozzo di assorbimento del carbonio, e a sostituire materiali ad alta intensità energetica di origine fossile. Si tratta di una sfida epocale per tutta la filiera, che richiede il supporto della ricerca e della formazione, con interventi che riguardano numerosi contesti applicativi anche attraverso percorsi sempre più multidisciplinari che vedono la collaborazione con i settori delle biotecnologie, della fisica tecnica, dell'architettura, del design e dell'ingegneria.

L'identificazione del legno è uno strumento importante per la protezione globale delle foreste, in quanto contribuisce al controllo del commercio illegale di legname e alla corretta applicazione delle norme sugli approvvigionamenti e scambi internazionali. In particolare l'identificazione macroscopica si conferma come il metodo più rapido per la prima identificazione di un legname sconosciuto e, con una formazione adeguata ma abbastanza rapida, può essere eseguita da funzionari doganali, operatori dell'industria del legno, commercianti di legname e progettisti, che possono adesso avvalersi di Atlanti, portali ed applicativi informatici appositamente dedicati dove vengono fornite informazioni sul numero di specie, su quelle presenti nelle diverse Appendici della CITES, sui principali legnami commerciali, sui legnami con nomi simili di altri generi, sulla distribuzione geografica e sul riconoscimento di specie o gruppi di specie a livello macroscopico e microscopico. Ad uno stato meno avanzato ma sicuramente molto promettenti sono le applicazioni alla dendro-provenienza basate sull'applicazione di tecnologie NIR, sullo studio del DNA e sullo

sviluppo di sistemi integrati che utilizzano *blockchain*, IoT, RFID per tracciare il legno lungo la catena di approvvigionamento.

Il legno di latifoglie sta diventando sempre più importante in Europa per il suo utilizzo come materiale strutturale, sia sotto forma di legno massiccio che di prodotti ingegnerizzati. In Italia il lavoro di caratterizzazione ha riguardato prima il legno di pioppo e di castagno e più recentemente, vista la grande abbondanza di foreste, il legno di faggio. La caratterizzazione della materia prima sia per l'impiego diretto sia per la realizzazione di prodotti strutturali incollati richiede la classificazione della resistenza dei segati sia con metodi visuali che a macchina, e questo continua ad essere tema di progetti di ricerca e innovazione che riguardano diverse specie e provenienze nazionali, per le quali sono così determinate caratteristiche di elasticità, resistenza e densità. Parallelamente proseguono anche le ricerche per la produzione di prodotti strutturali in legno incollato - quali ad esempio il CLT - con particolare attenzione sull'uso di adesivi a basso impatto ambientale e alla messa a punto e alla ottimizzazione degli incollaggi strutturali con miscele collanti termoindurenti e poliuretaniche. La ricerca sullo sviluppo di compositi a base di legno può contribuire a (i) utilizzare efficacemente assortimenti di piccolo diametro, legname di bassa qualità e residui forestali; (ii) ottimizzare le quantità di legno impiegata; (iii) ottenere prodotti le cui prestazioni soddisfino requisiti ad hoc (ad esempio, ritardata reazione al fuoco, migliore durabilità o comportamento acustico, ecc.).

L'impiego per usi strutturali del legno, oltre ad avere importanti implicazioni per la sostenibilità ambientale, può contribuire significativamente alla valorizzazione delle filiere locali, grazie anche alle normative europee di riferimento che si basano sulla combinazione di specie e provenienza geografica. In questo senso sarà strategico nei prossimi anni guidare la transizione del legno da prodotto a sistema-prodotto che richiederà i) lo sviluppo di strategie di comunicazione che integrino le caratteristiche qualitative del legno con il contesto ambientale, storico e sociale nel quale viene realizzato (Marchi di tipicità del legno), ii) lo sviluppo di un sistema di servizi che promuova e valorizzi sul mercato il legno di origine nazionale, anche impiegando i valori caratteristici e i profili resistenti determinati per le provenienze

italiane delle diverse specie, iii) il sostegno dell'associazione fra aziende dei diversi segmenti della filiera, finalizzata al raggiungimento di una massa critica per l'offerta, all'implementazione di nuovi prodotti a maggiore valore aggiunto destinati al mercato del legno strutturale e non, iv) l'incentivo all'utilizzo del mercato locale e l'accorciamento dei percorsi di filiera (di prossimità) al fine di migliorare la sostenibilità delle micro-economie ed aumentare la sostenibilità ecologica dei processi e dei prodotti.

Se gli impieghi per usi strutturali rappresentano un'applicazione emergente e trainante per l'economia della filiera, questa è ancora fortemente caratterizzata dai settori tipici del *made in Italy* che fanno capo al comparto del sistema degli arredi interni e, più di recente, anche esterni. Tali ambiti vedono il legno ed i prodotti derivati pur sempre un protagonista importante, soprattutto per gli aspetti legati alla circolarità della filiera e alla sostenibilità della materia prima. L'impulso verso l'uso a cascata del legno, oltre a confermare la necessità di considerare le biomasse residue delle lavorazioni per fini energetici, sta vedendo crescere in maniera esponenziale l'interesse nei confronti del riciclo dei materiali legnosi per la produzione di pannelli ricomposti, e per l'uso degli scarti dei processi di trasformazione come fonte di prodotti ad alto valore aggiunto. Rientrano in questa categoria gli estrattivi del legno (tannini) - lavorati anche per ottenere prodotti ad elevata tecnologia come le schiume - gli olii essenziali e i polimeri costitutivi della parete cellulare quali lignina emicellulosa e cellulosa - che si prestano bene ad essere oggetto di trasformazioni sotto forma di nanoparticelle. da impiegare per realizzazioni avanzate nell'ambito dei materiali innovativi e nanomateriali strutturati.

Grazie a queste soluzioni sarà possibile ripensare le strategie basate sull'uso di agenti chimici tossici per la conservazione del legno, come gli idrocarburi policiclici aromatici contenenti creosoto o arseniato di rame cromato, che hanno effetti negativi sull'ambiente, e che possono essere sostituite da soluzioni a basso impatto ecologico quali ad esempio quelle basate sull'impiego combinato di olii essenziali (ad esempio timo) e nanoparticelle di lignina, le cui dispersioni hanno mostrato un approccio promettente per un'ampia gamma di applicazioni di protezione del legno, sia in ambienti interni che esterni, ove si riscontrano

umidità elevate e il pericolo di un attacco da parte dei funghi della carie del legno. La lignina estratta da specie di filiere di prossimità può essere impiegata per la produzione di rivestimenti mediante elettrofilatura, si tratta di tessuti con caratteristiche promettenti sia in relazione alla bagnabilità che ad alcune proprietà antibatteriche. Miglioramento della resistenza ai funghi sono stati ottenuti anche con l'impiego di diverse oligo-amidi su nanoparticelle di TiO_2 , i cui nanocompositi possono mostrare proprietà migliori rispetto ai singoli componenti, ed essere utili in molti campi, come i rivestimenti antimicrobici per le superfici e nella conservazione dei beni culturali.

È ancora molto sentita la ricerca per le soluzioni volte a migliorare le caratteristiche tecnologiche di alcune specie legnose mediante trattamenti fisici. Il legno termo-trattato, procedimento con cui si realizza una depolimerizzazione selettiva di alcuni costituenti della parete cellulare, si sta affermando per la possibilità di vedere migliorate le caratteristiche estetiche (colore), la resistenza ai funghi e la stabilità dimensionale, consentendo l'impiego di specie legnose non durabili in contesti ambientali ostili, con applicazioni che riguardano sia il settore delle costruzioni che quello dei componenti di arredo. Ricerche sono in corso per l'ottimizzazione dei cicli di trattamento secondo la combinazione di specie, temperature e contenuto di umidità del materiale, con particolare attenzione al legno di latifoglie. Linee di tendenza innovative sono quelle che prevedono la possibilità di intervenire modificando il comportamento della superficie delle fibre (per esempio con trattamenti a carico della componente ligninica) al fine di aumentare la forza di legame tra le pareti cellulari, e riducendo in certi casi anche la necessità di ricorrere a matrici aggiuntive, sfruttando, come nel caso del legno, la struttura nativa del materiale e la sua sofisticata struttura gerarchica. La struttura della parete cellulare, con la sua organizzazione in strati successivi, è anche oggetto di numerose sperimentazioni di design biomimetico. Queste esperienze stanno beneficiando dei vantaggi forniti dalle nuove tecnologie additive le quali, unitamente alle ricerche sui bio-polimeri, possono mettere a disposizione soluzioni di grande efficacia strutturale.

Il riferimento alle filiere produttive deve infine considerare anche i cambiamenti paradigmatici che riguardano il passaggio da una econo-

mia lineare a quella circolare. La circolarità delle materie prime è una delle strategie portanti di cui la Commissione Europea si è dotata per il raggiungimento degli obiettivi della transizione ecologica. Così come per altri materiali, anche nel caso delle bio-fibre la circolarità è strettamente dipendente dalla determinazione del bilancio del flusso delle diverse materie prime dalla costruzione/produzione di beni, al loro uso, fino alla gestione degli scenari di fine vita. La conoscenza delle dinamiche sistemiche degli stock in uso, del loro tempo di vita, della loro dinamica evolutiva (mantenimento - espansione), della gestione del fine vita (riuso, riciclo, rifiuto), costituisce un pilastro preliminare importante per definire strategie di gestione sostenibile dei flussi di materiali ed energia degli ecosistemi urbani, nella prospettiva della costituzione di strutture di economia circolare (Wiedenhofer, 2015). Le dinamiche di variazione degli stock sono conseguenti al funzionamento del cosiddetto metabolismo sociale, che tende a far ridurre o aumentare i quantitativi di materiale in uso.

Costituire sistemi rigenerativi nei quali il ricorso alle materie prime, lo smaltimento, le emissioni, ed i fabbisogni energetici sono minimizzati grazie al rallentamento, alla chiusura ed al ridimensionamento di cicli di materiali ed energia, rappresenta una soluzione in grado di garantire il mantenimento del livello di stock nei diversi ambienti, utile a contrastare l'incremento dovuto alla crescita di domanda di prodotti, e a favorire l'uso di materiali rinnovabili.

Trattandosi di una materia prima rinnovabile, caratterizzata da bassa energia di processo, e che offre molteplici possibilità di riuso e riciclo, l'aumento dello stock di fibre di origine vegetale e di prodotti legnosi in sostituzione di altri materiali, è considerata da molti come una strategia per aumentare la sostenibilità ambientale dei sistemi e di quelli urbani in particolare.

A differenza di quanto avviene per altri materiali nel caso delle bio-fibre la definizione delle sole dinamiche di funzionamento degli stock e dei flussi di riuso e riciclo non è sufficiente e si rende necessario che vengano valutati altri elementi prima di poter declamare la sostenibilità di un processo.

In questo contesto, infatti, la dinamica dello stock deve essere posta in relazione con la struttura e la funzionalità degli ecosistemi agro-forestali

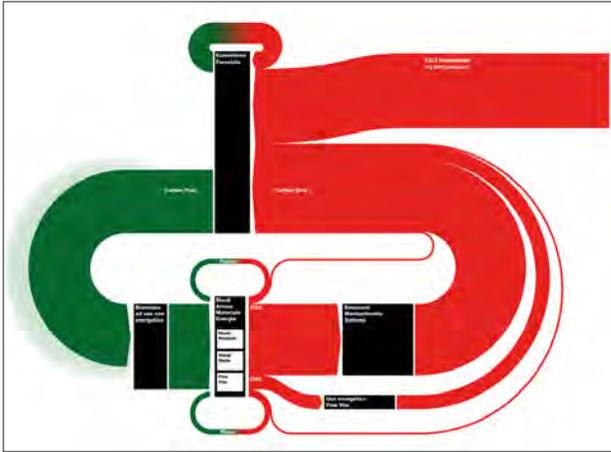


Figura 1 - Modello semplificato dei flussi di materia ed energia a carico dei sistemi forestali.

da cui il materiale trae origine. Il legno e i tessuti vegetali in generale, insieme ai loro derivati e al suolo, costituiscono uno dei grandi serbatoi per la immobilizzazione di carbonio (*carbon pool*) di cui gli ecosistemi agro-forestali possono disporre, ed il cui tempo di ritorno, identificabile con la gestione dello stock, influenza la funzionalità biologica dei sistemi e le scelte di gestione forestale (Dewar, 1991). Questo implica che il prelievo di biomassa debba avvenire nel rispetto delle funzionalità biologiche e temporali dei sistemi che le generano (Fig. 1).

A questa limitazione deve poi essere aggiunta un'altra importante condizione al contorno legata alla funzione di mitigazione del cambiamento climatico cui i sistemi agro-forestali sono chiamati. Nel corso della produzione di biomassa, i sistemi vegetali svolgono un'azione di fissazione dell'anidride carbonica che prende il nome di *carbon sink*. Essendo gli unici sistemi in grado di garantire un aumento potenziale nell'assorbimento della CO_2 in eccesso, questo determina una dicotomia nelle funzionalità che sono chiamati allo stesso tempo a svolgere: produrre materia prima rinnovabile e sostenibile e contribuire al raggiungimento degli obiettivi di contenimento del cambiamento climatico, funzioni queste apparentemente in antitesi fra loro, ma che proprio nel materiale legno nella sua funzione di *carbon stock*, soprattutto per prodotti di lunga durata, può trovare una sinergia tra le due situazioni.

BIBLIOGRAFIA

- Dewar R.C., 1991 - *Analytical model of carbon storage in the trees, soils, and wood products of managed forests*. *Tree Physiology*, 8 (3): 239-258. <https://doi.org/10.1093/treephys/8.3.239>

CONCLUSIONI

Illustrissimi Accademici, permettetemi prima di tutto di ringraziare il Presidente, prof. Ciancio, e l'Accademia tutta, per l'organizzazione di questo momento di bilancio "di medio termine" che ci consente, a metà del cammino tra il IV Congresso di selvicoltura di Torino e l'indizione del V, di verificare se gli auspici che i Congressisti avevano all'unanimità cristallizzato nella mozione finale il 9 novembre 2018 siano in tutto o in parte stati resi concreti. Ringrazio inoltre tutti gli Autori delle relazioni che sono state esposte, perché gli approfonditi interventi hanno reso semplice il compito affidatomi di tirare le conclusioni, in attesa di ascoltare le prospettive delineate dal Presidente.

Tutti gli interventi hanno evidenziato con chiarezza che, pur in un quinquennio caratterizzato da eventi straordinari e dai tratti preoccupanti, il sistema forestale italiano ha compiuto notevoli passi avanti nel percorso delineato cinque anni prima. Ciò è potuto avvenire anche grazie all'intensa opera di aggiornamento del quadro normativo nazionale, avvenuto con l'approvazione dei molti decreti attuativi espressamente previsti o consentiti grazie alle previsioni del Decreto legislativo 3 aprile 2018 n. 34 (Testo unico delle Foreste e delle Filiere forestali) tra cui spicca quello dedicato all'approvazione della Strategia Forestale Nazionale, pubblicato nel febbraio 2022. A fianco ai testi normativi sono state approvate norme di finanziamento dedicate quali il Fondo foreste nel 2019, il Fondo per la Strategia forestale, ben più consistente, nel 2022, insieme ad altri fondi di natura aggiuntiva, alcuni dei quali previsti una tantum, che hanno consentito di pubblicare bandi dedicati a incentivare particolari iniziative territoriali (Bando ex POA3 con fondi CIPRESS, Bando filiere forestali con fondi PNRR, Bando alvei con fondi ordinari). Tutti i decreti sono reperibili con facilità sul sito del Ministero, della Rete

rurale nazionale e nella sezione legislativa del SINfor, affinché sia semplice comprendere il sistema che si è delineato, recentemente definito come “un disegno riformatore che ha pochissimi eguali nella attività legislativa e di governo” (Romano L., 2024: *Il design della sostenibilità. Viaggio nella bioeconomia del legno del nord-est*. Posteditori, Padova, 2024).

Tutti gli atti di rango normativo sono frutto di un dialogo intenso con i portatori di interesse, e sono stati redatti in bozza da gruppi di lavoro misti, cui molti Accademici hanno fornito determinanti contributi, in tal modo supportando con presupposti tecnico-scientifici di assoluto valore le statuizioni giuridiche, contribuendo a creare con abilità e pazienza le tessere di un ampio mosaico che si avvicina ad essere completato. È in corso di redazione infatti la bozza dell'ultimo dei decreti previsti, concernente i boschi monumentali.

Ciò che si è realizzato può essere a buon diritto annoverato tra i risultati non solo di un'amministrazione partecipata, ma di un processo che i più recenti studi sui beni comuni ha definito come “amministrazione condivisa” (Bonasora P., 2024: *Rapporto 2023 sullo stato dell'amministrazione condivisa*. Labsus.org) in cui le persone partecipano all'esercizio della funzione amministrativa, contribuendo concretamente alla soluzione dei problemi della comunità, riconoscendo che i singoli cittadini non sono solo portatori di bisogni ma anche di capacità. Grazie ai fondamentali apporti di tutti gli interessati, nel corso di dibattiti anche specificatamente organizzati, ci si è resi conto che le soluzioni devono essere all'altezza della complessità dei problemi, ma devono essere operativamente semplici da applicare.

Mancano tuttavia ancora alcuni importanti temi che i Congressisti elencarono tra i prioritari per il sistema forestale nazionale nel novembre del 2018. Il tema della fiscalità dedicata alle foreste, in favore dei proprietari forestali e degli imprenditori della filiera, non ha segnato alcun progresso, sia pure all'interno di un ampio dibattito che sta contrassegnando l'intero sistema fiscale nazionale. Anche se ai tentativi di avviare il dibattito sul tema non è arriso successo, io ritengo che non si debba desistere ma che forse siano opportune alleanze, in particolar modo con coloro che stanno elaborando proposte per un sistema fiscale dedicato alle terre alte e a coloro che le

abitano o vorrebbero tornare a popolarle, con misure di vantaggio rispetto agli abitanti delle pianure, per le indubbie difficoltà che devono affrontare. La gestione forestale sostenibile può contribuire a questo processo, offrendo maggiore sicurezza dei versanti, lavoro di qualità e produzioni che vedono nel legno solo una delle produzioni, localmente spesso nemmeno la più remunerativa.

Tra gli obiettivi non ancora avviati ad approdo sicuro è sicuramente il tema della comunicazione. L'attenzione alle foreste è elevata, e gli eventi si moltiplicano. Il dibattito pubblico è animato, ma purtroppo si registra il dilagare, amplificato dai sistemi contemporanei di comunicazione, di notizie parziali quando non completamente false, che vengono rimbalzate in un numero di volte solitamente proporzionale alla fama di chi le propaga, e le smentite, anche supportate da dati robusti, faticano a farsi strada. Gli episodi virtuosi, e le capacità indubbie di alcuni professionisti della comunicazione forestale non sono ancora sufficienti, perché manca una vera e propria strategia comunicativa condivisa, per finanziare la quale occorrerebbero ingenti risorse dedicate, come avviene in altre Nazioni, anche vicine alla nostra.

Altri due aspetti su cui molto resta ancora da fare riguardano la prevenzione dei dissesti idrogeologici mediante le attività selvicolturali ed il contenimento dei danni ai boschi, ed alla rinnovazione in particolare, da parte della fauna selvatica, con riferimento specifico agli ungulati. Nel primo caso, occorre menzionare, con rammarico, che la proposta di destinare una parte dei fondi PNRR proprio ad un vasto progetto di prevenzione dei dissesti con attività selvicolturali progettate insieme alla manutenzione ordinaria e straordinaria del reticolo idraulico minore, che pure era stato presentato dalla Direzione generale economia montana e foreste ed appoggiato dal Ministero dell'agricoltura con la richiesta di destinare una consistente parte dei Fondi messi a disposizione dal PNRR, è stato dopo alcuni mesi di inserimento nel progetto generale di piano bruscamente espunta in sede governativa. Si è così purtroppo persa una occasione forse irripetibile. Si lamenta anche l'assenza di un piano di contenimento della fauna selvatica, di cui si dibatte da tempo con posizioni di barriera spesso ideologiche, mentre sono evidenti i

danni alla rinnovazione, sia naturale sia artificiale. Il piano diviene strategico ed urgentissimo quando si tratta di favorire il ripristino dei boschi degradati dai disturbi, in particolare nelle vaste aree che Vaia prima ed *Ips typographus* poi hanno denudato. Almeno in questi territori il contenimento del carico faunistico andrebbe avviato con serietà e tempismo; forse proprio grazie alle evidenze scientifiche dei danni che l'eccessivo carico provoca alla rinnovazione naturale ed al ripristino della copertura forestale dei versanti montani i forestali potrebbero portare nel dibattito posizioni equilibrate e chiedere una condivisione, nell'emergenza in atto.

Anche il tema delle piantagioni da legno, dell'utilizzo degli spazi definibili fuori foresta a scopo produttivo e dell'agroforestazione merita nuovi approfondimenti, alla ricerca dell'equilibrio con altre forme di utilizzazione del territorio, mentre desidero segnalare che a suo tempo non venne fatta menzione, tra le priorità, del tema del materiale forestale di propagazione, la cui produzione è nettamente inferiore alle necessità del presente e che nel futuro si prevede aumenteranno. Occorre anche accrescere le capacità del sistema di procedere ad interventi di messa a dimora e a cure colturali adeguate alle nuove situazioni climatiche che, se non ben valutate, possono portare ad estese fallanze o a ingenti costi per i risarcimenti.

La dimensione internazionale ed europea di ogni scelta di politica forestale di livello nazionale dovrà trovare spazio adeguato nelle attività di preparazione al V Congresso, a mio giudizio, sia riflettendo sul sistema europeo di codecisione sia sui riflessi degli equilibri planetari, che a giudizio di alcuni potrebbero essere ristabiliti solo ricorrendo ad estesi rimboschimenti forestali, prescindendo dalle tempistiche di affrancamento delle superfici oggetto di impianto e di conflitti per le risorse da utilizzare, in particolare con gli utilizzi alternativi degli spazi e dell'acqua necessari.

Infine, mi permetto di chiudere con un'ultima suggestione. Credo debba essere affrontato, anche nel settore forestale, il tema della difficile affermazione delle ragazze e delle donne, notoriamente in nettissima minoranza nel nostro campo, come è dimostrato avviene in tutti i settori definiti STEM. Considerando lo sviluppo del sistema forestale come un esercizio di intelligenza collettiva che va oltre la

somma delle conoscenze e della cultura individuale, e dove le parole come “cura” e “relazione” hanno un significato specifico ed importantissimo, registrare ancora un livello di partecipazione femminile così numericamente contenuto, soprattutto nei ruoli di vertice, deve essere a mio avviso attentamente considerato ed approfondito; devono essere messe in atto adeguate misure per contrastarlo, per il bene dell’Italia e dei suoi boschi che tanto amiamo.

Alessandra Stefani

Stampato in Italia nel mese di dicembre 2024
da Tipografia Linari - Firenze

Questo volume raccoglie i contributi presentati al Convegno “A cinque anni dal IV Congresso Nazionale di Selvicoltura: Riflessioni e prospettive”, organizzato dall’Accademia Italiana di Scienze Forestali (Firenze, 9 aprile 2024). Partendo da quanto previsto dalla Mozione finale del IV Congresso, tenuto a Torino nel 2018 (<https://www.aisf.it/iv-congresso-nazionale-di-selvicoltura/>), gli autori analizzano gli sviluppi avvenuti negli ultimi cinque anni nei diversi settori che compongono il complesso e articolato sistema forestale italiano, evidenziando criticità e prospettive, al fine di avviare il percorso verso il prossimo Congresso Nazionale di Selvicoltura che si terrà nel 2028.

